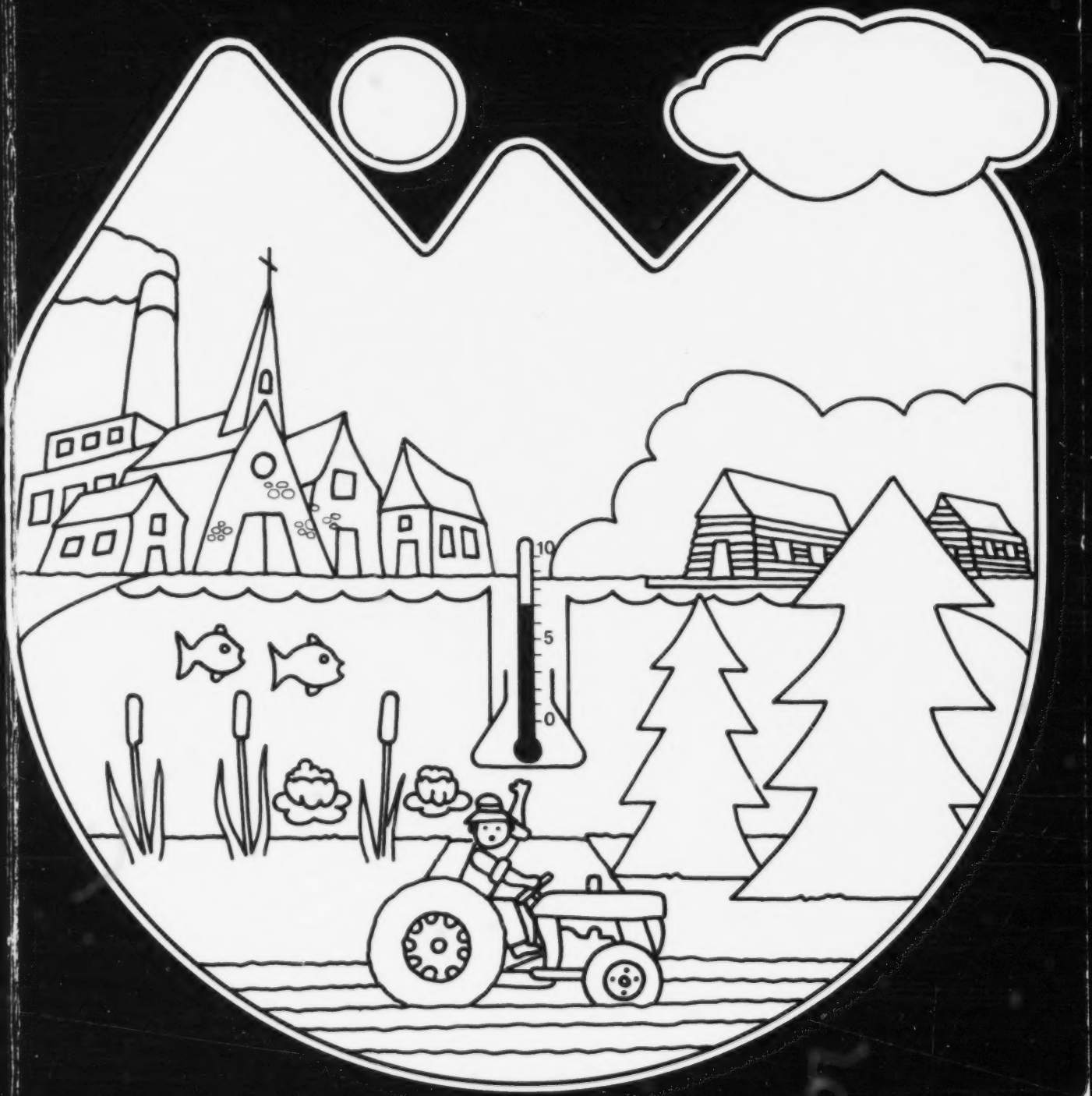
l'état de santé de nos lacs

LA DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE
EN MILIEU LACUSTRE



LA DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE
EN MILIEU LACUSTRE

LEGISLATIVE LIBRARY OF ONTARIO
TORONTO
APR 6 1980
RECEIVED

DÉCEMBRE 1978

Dépôt légal - 3e trimestre 1979
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN-2-551-03527-9

Éditeur officiel du Québec

105-06361/

CHARGÉS DE LA COORDINATION

Jean-Pierre Gauthier	Groupe Conseil en Ecologie
Philippe Gentes	Division Limnologie

CHARGÉS DES ÉTUDES SECTORIELLES

Qualité de l'eau:

Jean-Pierre Gauthier
Philippe Gentes
Pierre Mathieu
Paul Meunier
Michel Provencher

Modèles d'apports en phosphore:

Jacques Alain
Marie Le Rouzès
Paul Potvin

Evaluation des potentiels écologiques et du milieu riverain:

Paul Meunier
Gilles Lefebvre
Marie Le Rouzès

COLLABORATION

Mention spéciale à tous les techniciens de la division limnologique qui ont contribué de près ou de loin à la conception des méthodes ainsi qu'à monsieur Pierre Laporte du ministère des Terres et Forêts qui a participé activement au document préliminaire de la "Méthodologie d'Evaluation des Potentiels écologiques".

RÉSUMÉ

La diagnose écologique est un document rapatriant plusieurs méthodes élaborées au ministère des Richesses naturelles concernant l'étude des lacs et de leur bassin versant, afin de fournir des outils à ceux qui travaillent dans ce domaine. Une méthode numérique de l'évaluation de l'état trophique des lacs, une méthode graphique exprimant le niveau de vieillissement du plan d'eau et une méthode pour calculer des indices de qualité de l'eau par rapport à certains usages, font l'objet de la première partie. Les outils de la seconde partie se rattachent surtout au bassin versant des lacs; différents modèles théoriques de calcul des apports en phosphore, selon les types de lacs, sont présentés. Ils ont comme but de connaître la provenance et l'importance des charges polluantes en phosphore du bassin versant; une capacité de support du lac face à ces charges est aussi calculée, afin de savoir si celle-ci est dépassée ou non en regard du niveau d'eutrophisation du lac. La troisième partie fait état d'une méthodologie d'évaluation des potentiels écologiques du lac (potentiels de frai et d'abri pour le poisson, potentiel de nourriture pour le poisson et la sauvagine), ainsi que d'une méthodologie d'évaluation de la dénaturation de ses rives. Finalement, tous ces outils permettent de porter un diagnostic sur l'état de santé du lac, élément essentiel dans la prise de décision concernant l'affectation, la protection, l'aménagement et la restauration des milieux lacustres.

Mots clefs: niveau trophique, qualité de l'eau, apports en phosphore, potentiel écologique, lac, diagnose.

SUMMARY

The ecological diagnosis is a report of methods elaborated at the ministère des Richesses naturelles concerning the study of lakes and their watershed, this to provide working tools for those who work in the field. The topics of the first part are a numerical method for the evaluation of the lake trophic state, a graphic method that shows the aging level of the lake and a way to calculate some water quality indexes in relation with different uses of the water. The implements of the second part are mostly related to the lakes watershed; different theoric models of calculation of phosphorus loadings according to the lake models are shown. Their aim is to find the source and the importance of phosphorous pollutant loadings from the watershed; a calculation of the capacity support of the lake in regard to these loadings is also done in order to see if this capacity is exceeded or not by looking at the eutrophication level of the lake. A methodology for evaluating some ecological potentials of the lake (possibilities for the fish to spawn, to get cover and food, and for the wildfowl to get food), and a methodology for evaluating the lake shore denaturalization are presented in the third part. Finally, a diagnostic can be made of the lake situation by using all these implements; the analysis is essential for the decisions that have to be taken concerning a lake's allocation, protection, management and restoration.

Key words: trophic level, water quality, phosphorus loading, ecological potentials, lake, diagnosis.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAPITRE I: LA DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE

1.1 DÉFINITION 3
1.2 CADRE D'UTILISATION. 3
1.3 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS. 4

CHAPITRE II: QUALITÉ DE L'EAU

2.1 LA COTE TROPHIQUE 7
2.1.1 Méthode d'évaluation 7
A) Cadre géographique 7
B) Classification qualitative de base 7
C) Classification numérique 9
2.1.2 Application de la méthode. 11
A) Au niveau de la connaissance 12
B) Au niveau de la surveillance et du contrôle. 12
C) Au niveau de la planification. 12
D) Au niveau de l'information et de la communication. . 13
E) Niveaux de précision et conditions d'applicabilité . 13
F) Limitation de la méthode 13
2.2 LE DIAGRAMME DE VIEILLISSEMENT. 13
2.2.1 Méthode d'évaluation 13
2.2.2 Application du diagramme 15
2.3 LES INDICES DE LA QUALITÉ DE L'EAU. 17
2.3.1 Méthode d'évaluation 17
A) Choix des classes et des paramètres d'évaluation . . 17
B) Pondération et appréciation des paramètres 19
C) Calcul de l'indice de la qualité de l'eau. 21
2.3.2 Application de la méthode. 24

CHAPITRE III: LES MODÈLES D'APPORTS ET LA CAPACITÉ DE SUPPORT

3.1 CADRE GÉNÉRAL 25
3.2 MÉTHODE D'ÉVALUATION. 27

3.2.1 Les lacs inexploités 27
3.2.2 Les lacs exploités 27
A) Les lacs exploités du premier niveau 29
B) Les lacs exploités du second niveau. 29
3.2.3 Les lacs surexploités. 32

3.3 APPLICATION DE LA MÉTHODE 33

3.3.1 Applications aux lacs inexploités. 35
3.3.2 Applications aux lacs exploités du premier niveau. . . . 35
3.3.3 Applications aux lacs exploités du second niveau 35
3.3.4 Applications aux lacs surexploités 36

CHAPITRE IV: ÉVALUATION DES POTENTIELS ÉCOLOGIQUES

4.1 CADRE GÉNÉRAL 39
4.2 FONDEMENT ÉCOLOGIQUE DE LA MÉTHODE. 40
4.3 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES POTENTIELS 42

4.3.1 Potentiel de frai en lac 42
4.3.2 Potentiel de frai en tributaires 43
4.3.3 Potentiel de nourriture. 43
4.3.4 Potentiel d'abri 44
4.3.5 Potentiel pour la sauvagine. 45
4.3.6 Limitation de la méthode 46

4.4 APPLICATION DE LA MÉTHODE 46

CHAPITRE V: ÉVALUATION DU MILIEU RIVERAIN

5.1 CADRE GÉNÉRAL 49
5.2 MÉTHODE D'ÉVALUATION. 49

5.2.1 Evaluation qualitative de l'état des rives 49
5.2.2 Evaluation des herbiers. 51

5.3 APPLICATION DE LA MÉTHODE 51

CHAPITRE VI: LE DIAGNOSTIC

6.1 L'ANALYSE DES ÉLÉMENTS DE LA DIAGNOSE 53

6.1.1 Analyse de la qualité de l'eau 53
6.1.2 Les apports de l'environnement 54
6.1.3 Les ressources biologiques et l'évaluation du milieu riverain 54

6.2 LE CHEMINEMENT LOGIQUE. 55
6.3 LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS 55

LEXIQUE 60

BIBLIOGRAPHIE 62

LISTE DES FIGURES

FIGURE II.1 : Diagramme de vieillissement du milieu aquatique 16

FIGURE II.2 : Exemples de fonctions d'appréciation de la qualité. 20

FIGURE III.1: Les différents modèles d'apports et leurs caractéristiques. 26

FIGURE III.2: Modèle de Dillon reliant l'état trophique d'un lac à sa concentration prédite de phosphore au brassage printanier. 34

FIGURE IV.1 : Cheminement logique de l'évaluation des potentiels écologiques 41

FIGURE V.1 : Le diagnostic (cheminement logique) 56

FIGURE V.2 : Fiche technique du diagnostic (No 1). 58

FIGURE V.3 : Fiche technique du diagnostic (No 2). 59

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU II.1: Applicabilité des relations 14

TABLEAU II.2: Signification des cotes numériques. 22

TABLEAU II.3: Critères de qualité (concentrations limites) utilisés dans l'Indice de la Qualité des Eaux 23

TABLEAU III.1: Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore (modèle 1) 28

TABLEAU III.2: Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore par sous-bassin (modèle 2) 30

TABLEAU III.3: Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore par sous-bassin (modèle 3) 31

LISTE DES CARTES

CARTE 1 : Localisation des lacs inventoriés 8

CARTE 2 : Carte synthèse des potentiels 47

CARTE 3 : Carte de diagnostic d'un lac inexploité . . . .

CARTE 4 : Carte de diagnostic d'un lac exploité . . . .

INTRODUCTION

Ce document est l'aboutissement de cinq années d'étude et de recherche avec expérimentation et vérification sur le terrain concernant une méthodologie d'étude des lacs et de leur bassin versant.

Chaque chapitre du document a fait l'objet d'une méthodologie propre qui fut développée conjointement par les membres du Service Qualité des Eaux et du Groupe Conseil en Ecologie du ministère des Richesses naturelles.

La diagnose écologique, rassemblant et synthétisant ces méthodologies, a été rédigée pour faire connaître ces outils de travail à tous les gestionnaires responsables des secteurs touchant les eaux lacustres, afin que ceux-ci sachent s'ils sont applicables et de quelles façons ils le sont, dans leurs programmes respectifs. Ce document s'adresse aussi bien aux scientifiques qu'aux gestionnaires qui se serviront directement de ces outils.

L'ensemble de la diagnose est appelée à évoluer selon les connaissances et les recherches dans ce domaine et, à ce propos, tout commentaire sera apprécié par les auteurs.

CHAPITRE I

LA DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE

1.1 DÉFINITION

La diagnose écologique est la méthodologie permettant d'évaluer, dans un milieu où vivent et se reproduisent des êtres vivants, l'état de santé du milieu. La diagnose écologique comporte de nombreuses analogies avec la diagnose pratiquée par le médecin. Le résultat du travail de l'écologiste ou du médecin est le diagnostic qui permet, pour l'un, de statuer sur l'état d'un écosystème et pour l'autre, sur l'état de santé d'un patient. Dans les deux cas, les mesures sont relatives à des conditions moyennes de populations observées et lorsque des anomalies sont constatées, cela conduit à suggérer des traitements pour corriger ces anomalies.

1.2 CADRE D'UTILISATION

La méthodologie de diagnose contenue dans ce travail s'applique particulièrement aux lacs. En effet, la majorité des lacs sont des entités physiques et écologiques étroitement liées à leur environnement (on considère ici le bassin versant du lac), ce qui en fait des écosystèmes différenciables.

Les lacs sont répartis inégalement sur l'ensemble du territoire et leur dimension est très variable. Suivant qu'ils sont accessibles et localisés près des centres de population, ils sont exploités pour divers usages, les uns parfois au détriment des autres. De plus, chaque lac est une entité écologique possédant des caractéristiques propres. Ceci fait que les problèmes liés à l'usage des lacs ainsi que les réactions écologiques des milieux soumis aux pressions dues à l'activité humaine peuvent être très variés. Il serait, par conséquent, irréaliste de concevoir une méthodologie unique pour analyser tous les lacs.

La diagnose écologique a cette particularité d'être une méthode qui utilise des outils plus ou moins sophistiqués, suivant le cas à traiter ou à analyser. Cette méthode ne s'appuie pas sur un inventaire exhaustif de paramètres, mais plutôt sur un choix précis d'outils pour un problème donné. La diagnose garde toujours comme objectif de base de porter un jugement sur l'état d'un lac et cela dans le délai le plus court possible.

Par conséquent, chaque lac pourra être l'objet d'une diagnose écologique plus ou moins exhaustive suivant qu'il présente des problèmes ou des conditions particulières. Ce sont les spécialistes de la diagnose qui auront à en juger.

Les outils de la diagnose sont sujets à des transformations tant sur le plan technique que scientifique; la méthodologie demeure valable globalement, mais il faudra tenir compte des améliorations qui surviendront dans le cadre de son évolution.

1.3 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS

Avant de décrire les principaux éléments de la diagnose écologique, il est bon de résumer brièvement ce qu'est un écosystème lacustre.

Un lac est une dépression remplie d'eau, laquelle provient de son environnement (bassin versant) d'où elle a acquis certaines propriétés physiques et chimiques tout au long de son parcours.

La masse d'eau et le fond de la cuvette supportent et alimentent des organismes vivants qui ont, entre eux et le milieu, de multiples rapports.

En résumé, un lac est un écosystème en continuelle évolution, caractérisé par une certaine dynamique de changement qu'on appelle eutrophisation, et dont le rythme dépend d'une foule de facteurs tant naturels qu'artificiels. La diagnose identifie et mesure ces facteurs; elle permet d'apprécier la situation actuelle et les changements encourus et anticipés.

Trois grandes catégories d'outils sont disponibles pour faire une diagnose. La première catégorie concerne la qualité de l'eau. Il est possible de mesurer le niveau d'eutrophisation ou de vieillissement d'un lac à l'aide de certains paramètres de qualité de l'eau. Une méthode simple, rapide et éprouvée scientifiquement, permet de situer sur une échelle de 0 à 10, le degré de vieillissement d'un plan d'eau. Une autre méthode utilise certains indices de qualité de l'eau pour situer la valeur d'une eau par rapport à certains usages (récréation, eau potable, vie aquatique, etc...).

La seconde catégorie d'outils se rapporte à la capacité d'un lac à produire de la matière vivante, laquelle est conditionnée par les apports au lac en substances nutritives et plus particulièrement le phosphore. Il est maintenant bien connu des limnologistes que le phosphore est la substance chimique la plus souvent limitante de la production dans un lac, et son contrôle est très souvent une excellente façon de maîtriser l'eutrophisation d'un lac. Les apports en phosphore proviennent de nombreuses sources, les unes naturelles, les autres liées aux activités humaines. Des modèles d'apports en phosphore permettent de quantifier les sources et d'évaluer leur importance relative en fonction de l'eutrophisation. Ainsi, ce type d'analyse peut orienter et déterminer les priorités d'interventions nécessaires pour contrôler et ralentir l'eutrophisation accélérée de certains lacs.

La troisième catégorie d'outils se rapporte plus spécifiquement aux ressources biologiques d'un lac et à son milieu riverain. Elle a comme caractéristique d'évaluer, en terme de potentiel écologique, les différentes parties d'un lac. En effet, un lac supporte de nombreux organismes vivants qui ont diverses relations entre eux et leur milieu. La méthode évalue le potentiel de la zone littorale d'un lac à satisfaire les fonctions vitales des organismes comme la reproduction, l'alimentation ou encore l'abri. Cet inventaire est couplé avec une étude du milieu riverain comme tel, qui consiste à évaluer la dénaturation plus ou moins prononcée des berges. Ce type d'évaluation permet d'une part, de connaître la valeur des ressources biologiques d'un lac et d'autre part, de déterminer quelles ressources sont menacées et quelles mesures il faut prendre pour les protéger.

L'analyse de la qualité de l'eau pour situer le niveau trophique d'un lac, l'évaluation des apports provenant de l'environnement, l'évaluation de l'état des ressources biologiques et du milieu riverain sont donc les grands éléments qui permettent aux spécialistes de la diagnose de produire un diagnostic sur l'état de santé d'un lac.

Les chapitres qui suivent présentent de manière plus détaillée les grands éléments de la diagnose, tandis que le dernier chapitre résume ce que doit contenir le diagnostic.

CHAPITRE II

QUALITÉ DE L'EAU

La connaissance de la qualité de l'eau est essentielle dans l'étude des milieux lacustres; tous les organismes qui y vivent sont en effet étroitement liés à cette qualité. Il existe aujourd'hui au-delà de 100 paramètres et/ou sous-paramètres, autant morphométriques que biologiques, physiques et chimiques, pour évaluer la qualité de l'eau des lacs. Nous avons donc développé des outils* qui nous permettent de classifier facilement et rapidement l'état de la nappe d'eau. Le premier, appelé cote trophique, nous permet d'évaluer le degré d'eutrophisation des lacs à l'aide d'un modèle mathématique simple. Le deuxième est une méthode graphique par laquelle nous pouvons nous prononcer sur le degré de vieillissement des lacs. Enfin, le troisième outil consiste à calculer des indices de la qualité de l'eau par rapport à différentes utilisations comme la récréation, l'eau potable, la vie aquatique, etc...

2.1 LA COTE TROPHIQUE

2.1.1 Méthode d'évaluation

A) Cadre géographique

Depuis 1971, la division Limnologie du Service Qualité des Eaux réalise des inventaires écologiques complets (inventaire du milieu aquatique et du milieu environnant) sur les lacs du Québec. C'est ainsi qu'au cours des années 1971-73, un inventaire écologique fut réalisé sur une dizaine de lacs du Nord de Montréal, qu'en 1973-74, cet inventaire fut effectué sur treize lacs répartis dans les Cantons de l'Est et sur quatre dans la région de Québec, et finalement sur trois lacs du bassin de la rivière Yamaska en 1975 (voir carte 1).

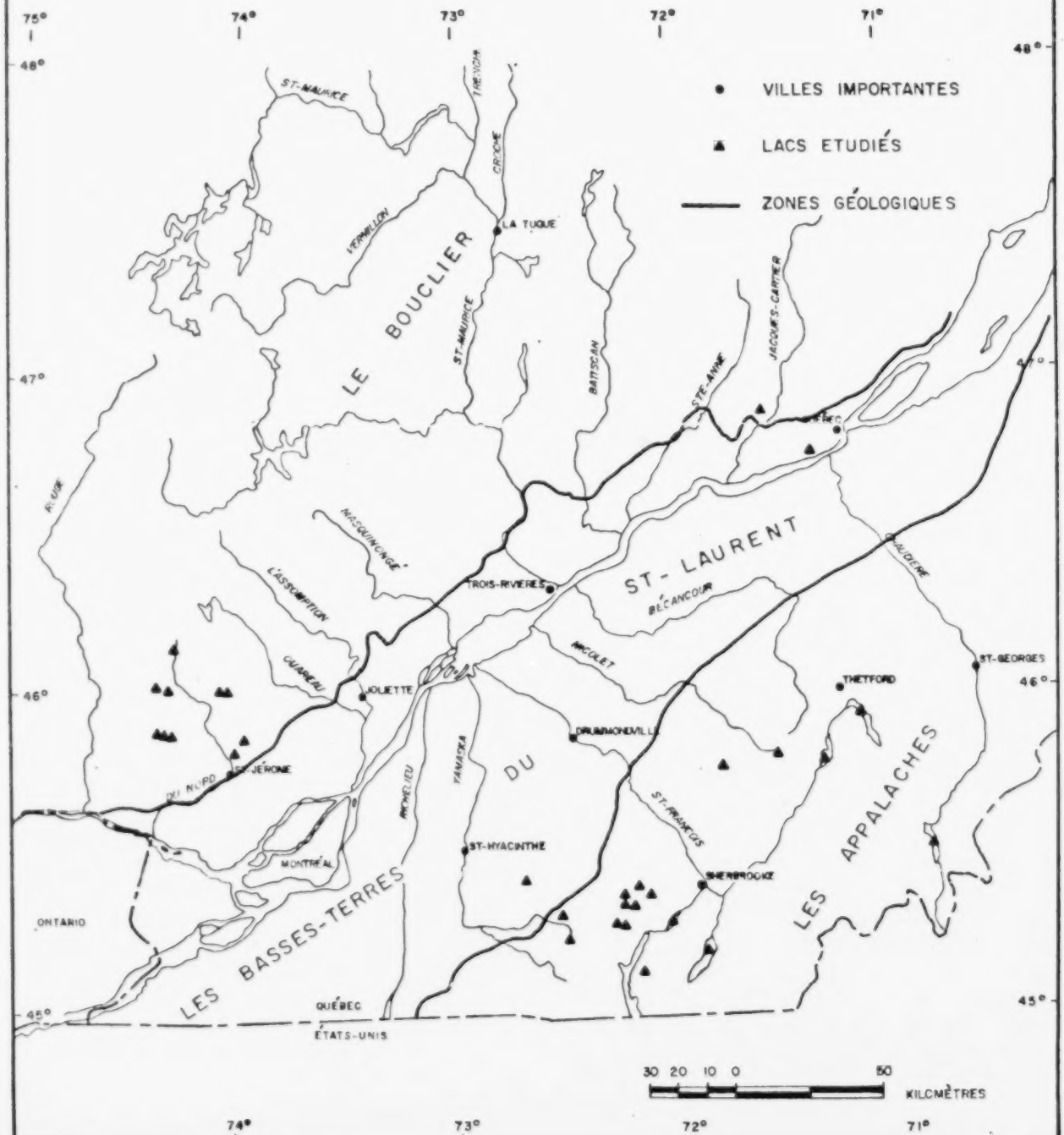
B) Classification qualitative de base

La notion de stades trophiques ou niveaux de nutrition pour classifier les lacs n'est pas nouvelle; à ce sujet, Dussart (1966) parle d'auteurs comme Thienemann 1925, Lindeman 1942, Strom 1946, Odum 1959, etc. Sans faire l'historique, disons qu'aujourd'hui, la plupart des auteurs s'entendent pour classifier les lacs sous trois

---

*Pour de plus amples renseignements, le lecteur pourra consulter les documents suivants: "Méthode numérique de l'évaluation trophique des lacs" et "Méthode de détermination d'un indice d'appréciation de la qualité des eaux selon différentes utilisations".

LOCALISATION DES LACS INVENTORIÉS



grands stades trophiques, soit le stade oligotrophique, le stade mésotrophique et le stade eutrophique.

Les lacs oligotrophes sont des lacs jeunes dont la production est toujours restée faible par suite d'une pauvreté réelle en substances nutritives. Leurs eaux sont généralement transparentes et leur profondeur élevée. "Quant à eux, les lacs eutrophes sont des lacs assez peu profonds, possédant des eaux vertes à brunâtres peu ou très peu transparentes et riches en substances nutritives et en calcium" (Thienemann 1925 cité par Dussart 1966). Les lacs dits mésotrophes sont des lacs ayant atteint le stade intermédiaire entre l'oligotrophie et l'eutrophie.

Dans un premier temps, nous avons donc classifié nos lacs inventoriés selon ces trois stades trophiques. Mais les types de lacs étant trop diversifiés pour les classifier seulement sous trois stades, nous avons redivisé l'échelle trophique en huit stades que nous avons appelés oligotrophe α, oligotrophe β, oligotrophe γ, mésotrophe α, mésotrophe β, mésotrophe γ, eutrophe α et eutrophe β. Pour ce faire, nous nous sommes servis des travaux de nombreux chercheurs travaillant en limnologie (ex: Dussart 1966, Hutchison 1967, Wollenweider 1970, Rawson 1956, etc...), d'une interprétation qualitative de nos résultats ainsi que d'une étude comparative entre les différents lacs. Au point de vue physico-chimique, c'est surtout au niveau des concentrations de chaque élément que nous pouvons classifier les lacs. Quelques lacs franchement oligotrophes et d'autres franchement eutrophes, compris dans nos inventaires, nous ont aussi aidés à définir les valeurs extrêmes de plusieurs paramètres de la qualité de l'eau.

C) Classification numérique

Pour transformer notre classification qualitative en classification numérique, nous avons choisi une échelle de 0 à 10 en associant la cote 0 à l'oligotrophie et la cote 10 à l'eutrophie. L'échelle de dix unités fut divisée en huit parties égales (1,25 unité), étant donné les huit stades définis précédemment, et chaque stade fut ensuite transposé sur la nouvelle échelle en le situant à la valeur centrale de chaque classe. Voici ce que donne la correspondance de l'échelle qualitative à l'échelle numérique pour chacun des stades:

oligotrophe α = 0,6	mésotrophe α = 4,4	eutrophe α = 8,1
oligotrophe β = 1,9	mésotrophe β = 5,6	eutrophe β = 9,4
oligotrophe γ = 3,1	mésotrophe γ = 6,9	

Choix des paramètres

Pour commencer notre étude, nous avons choisi quatorze paramètres exprimant la qualité de l'eau des lacs. Ces paramètres sont ceux échantillonnés par la plupart des institutions travaillant dans ce domaine, en plus d'être reliés de façon plus ou moins étroite avec le niveau de vieillissement des lacs.

Dans une première phase, nous avons donc réalisé un test de corrélation simple entre les cotes numériques et les résultats de 30 lacs étudiés, ceci pour chacun des quatorze paramètres. Nous avions par exemple, 30 cotes numériques couplées avec 30 résultats de trans-

parence de l'eau pour donner un coefficient de corrélation de r = 0.79... et ainsi de suite. Cette analyse terminée, nous avons éliminé tous les paramètres dont le coefficient de corrélation (r) était inférieur à 0,5.

C'est ainsi qu'à la suite de ce premier choix, nous demeurons avec sept paramètres d'une grande diversité, soit un paramètre morphométrique (profondeur moyenne), deux paramètres de nature physique (transparence et pourcentage de saturation en oxygène dissous), deux paramètres de nature proprement chimique (phosphore total et azote Kjedahl) et deux paramètres biologiques (chlorophylle "a" et poids sec de seston).

La deuxième phase consiste en une analyse mathématique beaucoup plus poussée de ces sept paramètres, soit l'analyse de régression multiple ou analyse multivariable.

Analyse multivariable et deuxième choix

L'analyse multivariable, en comparant les variables indépendantes (paramètres) à la fois entre elles et avec la variable dépendante (cote correspondante), a comme but de choisir les variables indépendantes qui expliquent le mieux, statistiquement parlant, la variable dépendante; des coefficients pour chaque variable indépendante choisie sont calculés pour finalement arriver à une formule mathématique simple (modèle prédictif) expliquant la variable recherchée ce qui, dans notre cas, correspond à la cote numérique variant de 0 à 10 et exprimant le stade trophique du lac. Toutefois, il semble que l'analyse de régression multiple conventionnelle, très employée de nos jours, se soit avérée un modèle prédictif moins adéquat (Bobée, B., communications personnelles) que l'analyse appelée "Ridge Regression" (Robitaille, R. et Bobée 1975). Cette analyse fournit un meilleur modèle prédictif du fait que les coefficients affectés à chacune des variables indépendantes sont beaucoup plus stables que ceux trouvés dans l'analyse multivariable conventionnelle. Les détails de cette analyse sont présentés dans la méthodologie d'évaluation de la cote trophique.

Ainsi, des sept paramètres choisis dans la première phase, la "Ridge Regression" n'en a retenu que quatre; ce sont le pourcentage de saturation en oxygène dissous au fond en été (% OD), la transparence en mètres en été (TR), la profondeur moyenne du lac en mètres (PM) et le poids sec de seston en milligrammes/mètre cube en été (PS). Profitant néanmoins de la Ridge Regression, nous avons sorti plusieurs modèles qui pourront être appliqués selon différents scénarios, selon différents niveaux de précision ou selon la disponibilité des paramètres échantillonnés.

Modèle 1

CT_1 = 10,037 - 0,046 (% OD) - 1,183 (TR)

Pour: Coefficient de détermination (R^2) = 0,82
Erreur moyenne = 1,22

Modèle 2

CT_2 = 7,786 - 0,041 (% OD) - 0,847 (TR) + 0,009 (PS)

Pour: Coefficient de détermination (R^2) = 0,89
Erreur moyenne = 0,98

Modèle 3

CT_3 = 7,643 - 0,721 (TR) - 0,174 (PM) + 0,011 (PS)

Pour: Coefficient de détermination (R^2) = 0,91
Erreur moyenne = 0,88

Modèle 4

CT_4 = 7,952 - 0,024 (% OD) - 0,703 (TR) - 0,117 (PM) + 0,01 (PS)

Pour: Coefficient de détermination (R^2) = 0,93
Erreur moyenne = 0,80

Légende des modèles

CT_i : Cote trophique mesurée à l'aide du modèle i.

% OD : Pourcentage de saturation en oxygène dissous au fond en période de stratification thermique directe (et maximale, si possible).

TR : Transparence en mètres, mesurée à l'aide du disque de Secchi.

PM : Profondeur moyenne du lac en mètres.

PS : Poids sec de seston en mg/m^3 mesuré en été à l'aide d'un filet à plancton sur une colonne d'eau.

2.1.2 Application de la méthode

La gestion d'une ressource comporte divers niveaux d'action comme la connaissance, la surveillance, le contrôle, la planification et l'information. Pour chacune de ces activités, les possibilités d'application de la méthode numérique d'évaluation trophique seront discutées.

A) Au niveau de la connaissance

La connaissance d'une ressource telle que les lacs, demeure en premieur lieu la responsabilité de l'Etat. Pour ce faire, elle demande l'instauration de programmes d'inventaire à l'échelle nationale. On peut donc envisager de tracer le portrait de l'état trophique des lacs sur l'ensemble du territoire, grâce au système numérique qui est beaucoup plus pratique que le système traditionnel de nomenclature (oligotrophe, mésotrophe et eutrophe). Ainsi, pour chacune des régions, on pourrait situer le stade trophique moyen des lacs et établir des relations entre ces lacs, leur situation géographique, leur contexte climatique et géochimique. Ce type d'exercice serait fort utile comme référence, puisqu'au départ, on pourrait connaître le contexte trophique du ou des lacs à l'étude. De plus, les inventaires limnologiques traditionnels seraient simplifiés.

B) Au niveau de la surveillance et du contrôle

La responsabilité de surveillance et de contrôle de la qualité des lacs se partage entre différents paliers gouvernementaux. A l'échelle nationale, elle relève de l'Etat. A cet effet, on peut concevoir un réseau de surveillance de l'état trophique des lacs où les variations significatives de la cote trophique d'un lac seraient un indice de détérioration, et pourraient initier certains contrôles de qualité du milieu. Le système numérique d'évaluation trophique pourrait permettre de suivre à long terme et de manière spatio-temporelle l'évolution des lacs sur le territoire. Au niveau régional, la responsabilité de protection et de conservation des lacs relève aussi des communautés locales (associations de comté, municipalités ou associations de riverains). Il n'est pas exclu de penser que la méthode numérique d'évaluation trophique soit aussi utilisée à ce niveau suivant un protocole bien défini, d'autant plus que les paramètres utilisés sont relativement simples à relever et à analyser. Ainsi, lorsqu'au niveau local, on percevrait des changements significatifs de la cote trophique d'un lac, on pourrait communiquer avec les experts gouvernementaux qui analyseraient, de façon plus exhaustive, les causes de ce changement.

C) Au niveau de la planification

Depuis quelques années, la population et les gouvernements deviennent de plus en plus soucieux de la protection et de la conservation des ressources et de l'environnement. Ceci a entraîné un effort sérieux de planification du développement autour des lacs; on pense de plus en plus en terme d'aménagement de l'environnement des lacs et de leurs utilisations, ou encore en terme d'impacts que peuvent causer certaines activités industrielles, urbaines ou autres. Dans ce contexte, la cote trophique peut être un excellent critère de choix des lacs à protéger, à exploiter ou à restaurer. Il est aussi facile d'imaginer l'intérêt de cette méthode numérique, puisque la cote trophique où se situe un lac conditionne en grande partie son potentiel d'utilisation et sa capacité de supporter des apports supplémentaires de nutriments liés au développement. Par conséquent, il serait éventuellement possible, à l'aide de modèles de prédiction, par lesquels on évalue la charge supplémentaire d'éléments nutritifs (phosphore) que pourrait supporter un lac suite à un développement, de prédire la

variation du degré trophique de celui-ci.

D) Au niveau de l'information et de la communication

L'utilisation d'un système de nomenclature qualitatif (oligotrophe, mésotrophe, eutrophe) restreint grandement, pour les limnologistes, la possibilité de décrire tous de la même façon les états trophiques des lacs qui les préoccupent. Ceux-ci emploient plutôt certains paramètres (chlorophylle "a", concentration de phosphore, biomasse de plancton, etc...) pour préciser ces états trophiques; cependant, ces paramètres peuvent être interprétés de différentes façons et conséquemment, varier d'un limnologiste à l'autre. Ainsi, la méthode numérique d'évaluation trophique faciliterait les communications entre limnologistes, puisque l'échelle de référence numérique serait la même pour tous.

Dans un contexte de participation des citoyens et des communautés locales à la protection des lacs, la méthode numérique est un outil très intéressant pour vulgariser et expliquer le phénomène d'eutrophisation des lacs. A différentes cotes trophiques, on pourrait associer diverses utilisations et aussi différentes mesures de surveillance et de protection des lacs.

E) Niveaux de précision et conditions d'applicabilité

Certes le modèle 4 est le modèle le plus précis et le plus fiable pour prédire le niveau trophique d'un lac; cependant, on peut être appelé à ne pas désirer une telle précision ou simplement être dans l'impossibilité de calculer le niveau trophique avec ce modèle, à cause d'un manque de données, d'équipement ou même de personnel. Le tableau II.1 relate les possibilités de chaque modèle en y indiquant le niveau de précision, les paramètres, l'appareillage requis, etc... Il faut aussi dire que les modèles s'appliquent sur des lacs situés au sud du 52ième degré de latitude nord, car les lacs qui ont servi à la conception des modèles sont situés sur le plateau laurentien, dans la plaine du Saint-Laurent et dans les Appalaches.

F) Limitation de la méthode

Gardons en tête que la cote trophique est un modèle prédictif pour évaluer le niveau d'eutrophisation des lacs et que celui-ci n'est pas immuable. La méthode a été conçue à partir d'un échantillonnage de trente lacs; on pourrait éventuellement recalibrer le modèle d'ici quelques années avec un nombre de lacs plus grand et mieux réparti dans les différentes régions du Québec.

2.2 LE DIAGRAMME DE VIEILLISSEMENT

2.2.1 Méthode d'évaluation

La méthode numérique évalue le niveau d'eutrophisation des lacs

TABLEAU II . I

APPLICABILITÉ DES RELATIONS

RELATIONS	Erreur résiduelle	Condition du régime thermique du lac en été	PARAMÈTRES REQUIS *			
			Pourcentage de saturation en oxygène dissous en profondeur * *	Transparence des eaux	Profondeur moyenne	Poids sec de seston
			LIMITES SUPÉRIEURES POUR AJUSTEMENT			
			100 %	6,0 m	25,0 m	300 mg / m^3
CT_1 = 10,037 − 0,046 OD − 1,183 TR	1,22	Stratifié	OD	TR		
CT_2 = 7,786 − 0,041 OD − 0,847 TR + 0,009 PS	0,98	Stratifié	OD	TR		PS
CT_3 = 7,643 − 0,721 TR − 0,174 PM + 0,011 PS	0,88	Stratifié au non		TR	PM	PS
CT_4 = 7,952 − 0,024 OD − 0,703 TR − 0,117 PM + 0,010 PS	0,80	Stratifié	OD	TR	PM	PS
			APPAREILLAGE REQUIS			
			Sonde à température et à oxygène dissous ou thermomètre inversé et dosage chimique de l'oxygène dissous (Winkler)	Disque de Secchi	Relevés bathymétriques (écho-sonde, planimétrie)	-Filet à plancton (type de Wisconsin, maille de 80 microns) -Four (52 °C) -Balance de précision (0,1 mg) -Pré-filtres (millipore, AP25)

* Tous les paramètres, à l'exception de la profondeur moyenne doivent être échantillonnés dans la zone profonde du lac au mois d'août.

* * L'oxygène dissous doit être échantillonné a un (1) mètre au-dessus du fond du lac.

avec quatre, trois ou deux paramètres de la qualité de l'eau. Dans certains cas, ce nombre restreint de paramètres peut devenir insuffisant pour exprimer de façon adéquate la qualité de l'eau. C'est pourquoi nous avons développé une méthode graphique faisant entrer en ligne de compte les sept paramètres qui se sont avérés les plus significatifs de la qualité de l'eau, lors de la première phase (voir section 2.1.1C) du choix des paramètres et auxquels le potentiel de fertilité fut ajouté.

Les échelles de chaque paramètre ont été définies d'après les connaissances sur les variations des résultats d'une centaine de lacs étudiés à la division Limnologie ainsi qu'à l'aide d'une revue de la littérature.

Il s'agit donc simplement de reporter les valeurs réelles des paramètres sur leur échelle correspondante, de relier par un trait ces résultats et de constater à quel niveau de vieillissement (de très faible à très élevé) se situe l'allure générale de la courbe. Si celle-ci se situe en grande partie en bas du graphique, le lac échantillonné est sans aucun doute du type jeune ou oligotrophe, tandis que si celle-ci se situe en haut, il est du type vieux ou eutrophe (voir figure II.1).

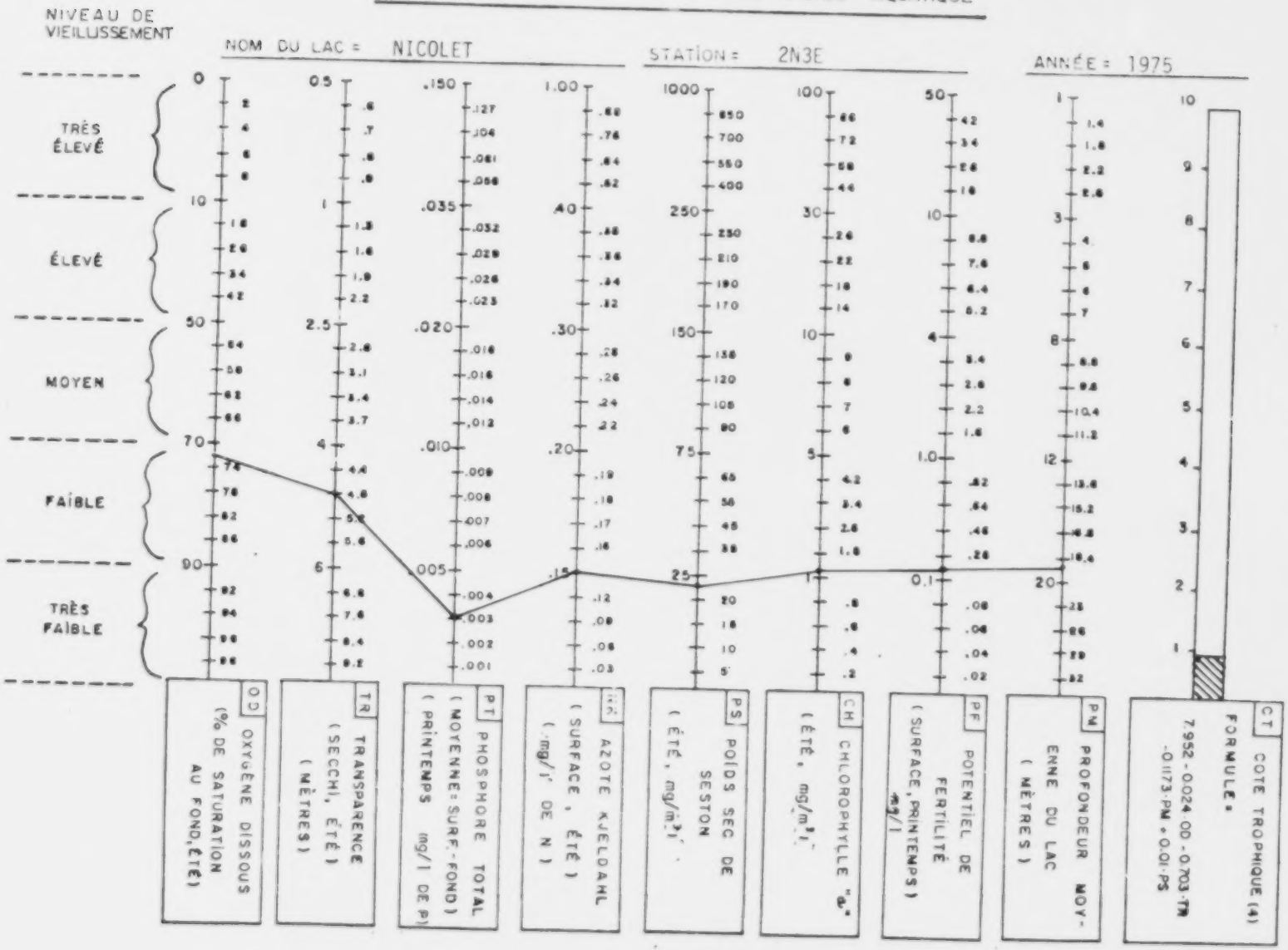
2.2.2 Application du diagramme

Le diagramme permet une visualisation rapide de l'état de vieillissement des lacs en intégrant huit paramètres. Il a l'avantage d'éviter tout calcul complexe, étant donné que les valeurs brutes des paramètres sont transposées directement sur le graphique. Il n'exige pas non plus de connaissances profondes en limnologie, car l'interprétation se fait d'elle-même en traçant la courbe; il est ainsi pratiquement accessible à l'ensemble des utilisateurs.

En plus de connaître le niveau de vieillissement global du lac, on peut aussi se servir du diagramme pour détecter si certaines parties du lac sont plus eutrophes que d'autres. Il s'agit d'échantillonner plusieurs stations sur le lac et de superposer les courbes obtenues pour chaque station sur le même diagramme; la distance entre chaque courbe sera étroitement liée à l'homogénéité ou l'hétérogénéité de la masse d'eau.

On peut aussi appliquer le même principe pour connaître l'évolution de la qualité de l'eau du lac dans le temps. Nous n'avons qu'à tracer les courbes sur le même graphique d'année en année; si les courbes ont tendance à évoluer vers le haut du diagramme, le niveau de vieillissement augmente, tandis que celui-ci diminue si les courbes ont tendance à évoluer vers le bas. Le diagramme peut donc être très utile dans un programme de surveillance ou de contrôle de la qualité de l'eau.

DIAGRAMME DE VIEILLISSEMENT DU MILIEU AQUATIQUE



SERVICE QUALITÉ DES EAUX MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES

FIGURE II.1 16.

2.3 LES INDICES DE LA QUALITÉ DE L'EAU

2.3.1 Méthode d'évaluation

Une des utilisations des plus intéressantes des données physico-chimiques résultant des analyses de l'eau consiste dans l'emploi de systèmes entiers comme indicateurs de la qualité de l'environnement. Le service Qualité des Eaux du ministère des Richesses naturelles vient de mettre au point un système d'évaluation de la qualité des eaux (Provencher, M. et Lamontagne, M. 1977) qui, grâce à un indice numérique, permet d'exprimer le potentiel d'utilisation de l'eau. Une adaptation de cette méthode (Meunier, P. 1978), orientée vers le milieu lacustre a été réalisée et les grandes lignes de ce rapport technique sont présentées ici.

En résumé, il s'agit d'une méthodologie permettant de déterminer le potentiel d'utilisation d'une eau en comparant sa qualité avec les critères exigés pour différents usages.

A) Choix des classes et des paramètres d'évaluation

Parmi les différentes classes, on retiendra au niveau de cette section, les cinq classes les plus pertinentes aux utilisations pratiquées en milieu lacustre, soit:

- Qualité générale de l'eau
- Eau potable
- Récréation
- Vie aquatique, organismes tolérants
- Vie aquatique, organismes peu tolérants

Pour évaluer la qualité d'une eau relativement à l'usage que l'on veut en faire, on utilise ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Chaque classe d'utilisation possède ses propres exigences et chacun des groupes de paramètres retenus par classe se devait de pouvoir en tenir compte le mieux possible. C'est pourquoi le nombre et le type de paramètres peuvent varier d'une classe à l'autre.

C'est ainsi que pour chaque classe d'utilisation, un groupe "i" de paramètres indépendants les uns des autres furent choisis pour évaluer la qualité d'une eau. Mentionnons aussi que pour les classes tenant compte des besoins sociaux et écologiques, une liste de paramètres "complémentaires" fut ajoutée. Ces paramètres ou substances, qui en général sont reliés à des phénomènes d'intoxication, sont incorporés au calcul de l'indice seulement lorsque ces substances présentent un dépassement des normes techniques de qualité.

On retrouvera ci-dessous la liste des paramètres de base et complémentaires pour chacune des classes d'utilisation nommées plus haut.

1. *QUALITÉ GÉNÉRALE DE L'EAU*

a) Paramètres de base

Solides totaux, turbidité, coliformes totaux, demande biologique en oxygène, pH, azote inorganique, phosphore inorganique.

b) Paramètres complémentaires

Ammoniac, cadmium, chrome, cuivre, cyanures libres, nickel, plomb, zinc, détergents, phénols, biphényls polychlorés, chlore résiduel, mercure.

2. *EAU POTABLE*

a) Paramètres de base

Couleur apparente, solides dissous, turbidité, coliformes fécaux, coliformes totaux, alcalinité totale, chlorures, dureté, nitrates, oxygène dissous (% sat.), pH, sulfates.

b) Paramètres complémentaires

Fluorures, phénols, mercure.

3. *RÉCRÉATION*

a) Paramètres de base

Température, turbidité, coliformes totaux, pH.

4. *VIE AQUATIQUE, ORGANISMES TOLÉRANTS*

a) Paramètres de base

Solides en suspension, température, turbidité, alcalinité totale, oxygène dissous (% sat.), pH.

b) Paramètres complémentaires

Ammoniac, cadmium, chrome, cuivre, cyanures libres, nickel, plomb, zinc, détergents, phénols, BPC, chlore résiduel, mercure.

5. *VIE AQUATIQUE, ORGANISMES PEU TOLÉRANTS*

a) Paramètres de base

Voir *4.a)*.

b) Paramètres complémentaires

Voir *4.b)*.

Les paramètres des classes 4 et 5 sont les mêmes, seules les concentrations diffèrent quelque peu d'une classe à l'autre. En général, les concentrations permises pour les organismes peu tolérants sont plus faibles que celles permises dans l'autre classe.

B) Pondération et appréciation des paramètres

1. Pondération des paramètres

L'importance relative d'un paramètre "i" est représentée par un coefficient appelé "facteur de pondération: P_i". Pour les cinq classes considérées, étant donné le peu d'information disponible sur l'importance relative des différents paramètres, il était assez difficile de définir une pondération. On a donc accordé une importance égale à chaque paramètre et des essais ont révélé que les indices calculés sont représentatifs de la qualité de l'eau.

En accordant une importance égale à chaque paramètre, le facteur de pondération de chaque paramètre devient donc:

$$\frac{1}{n} = P_i \quad \text{tel que} \quad \sum_{i=1}^{n} P_i = 1.0$$

où i = le i ème paramètre

n = nombre de paramètres compris dans une classe

P_i= pondération du i ème paramètre, nombre compris entre 0 et 1.0.

2. Détermination de la fonction d'appréciation

Après avoir déterminé l'importance relative des paramètres, vient ensuite le moment de faire le lien entre la concentration d'un paramètre et la qualité de l'eau. Pour ce faire, on utilise ce que l'on appelle une fonction d'appréciation de la qualité ou fonction qualité. Il s'agit en fait d'un graphique sur lequel on porte sur l'axe des X la concentration d'un paramètre et ses unités, et sur l'axe des Y une échelle croissante variant de 0 à 100 , traduisant le degré de qualité d'une eau par rapport à l'utilisation choisie (figure II.2).

Le lien entre les deux axes est réalisé par une courbe donnant, pour diverses concentrations*, la qualité de l'eau correspondante. L'établissement de cette courbe** est l'étape la plus délicate; pour une concentration donnée, il faut évaluer s'il s'agit d'une eau de bonne qualité et à quel degré.

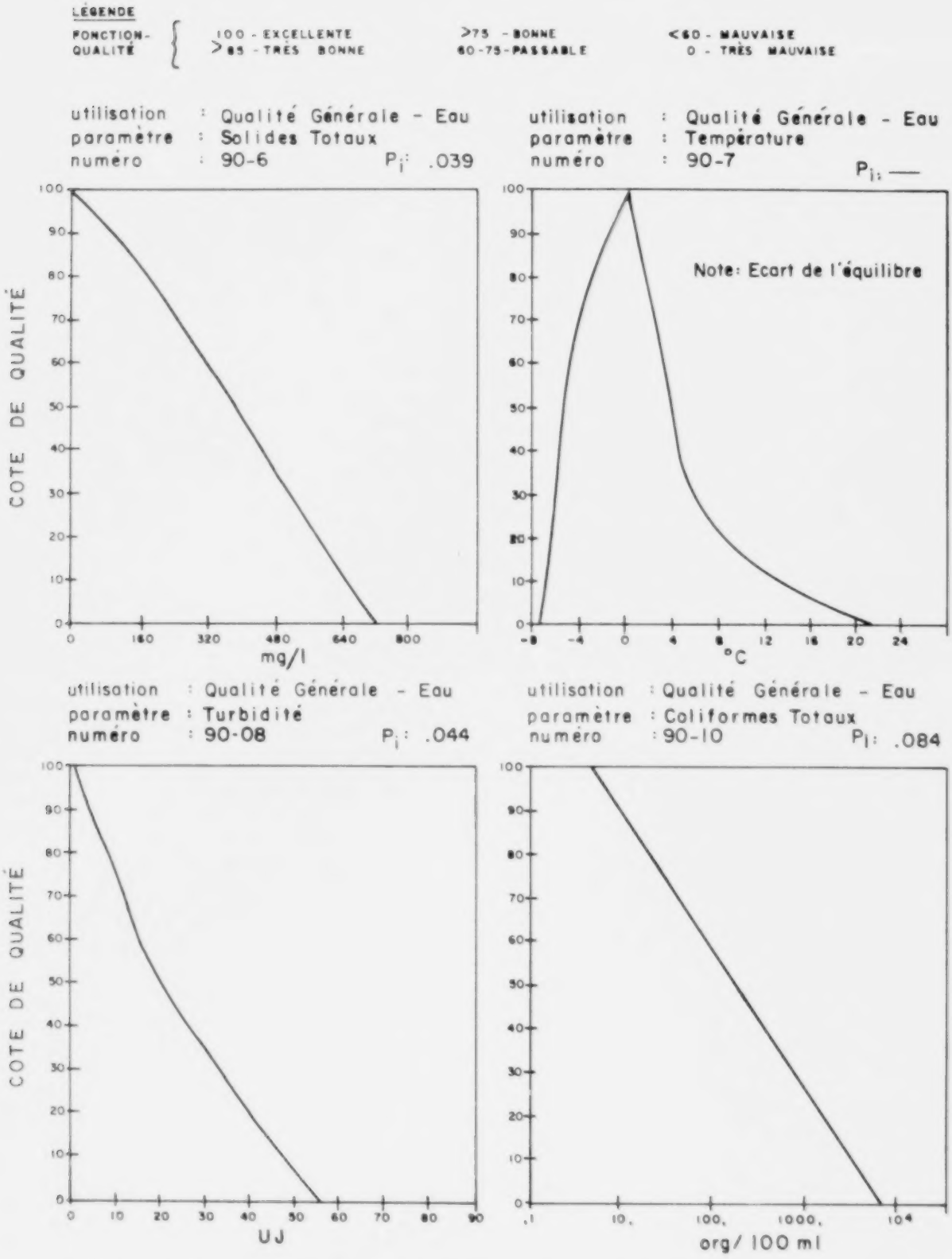
---

* On retrouvera au tableau II.3 les concentrations limites de chacun des paramètres des classes retenus pour le calcul de l'indice de la qualité de l'eau.

** Les courbes pour chacun des paramètres des classes retenus sont présentées dans l'annexe du rapport technique.

EXEMPLES DE FONCTIONS D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ

FIGURE II.2



NOTE: TIRÉ DE PROVENCHER, M. et M. P. LAMONTAGNE 1978

Il est intéressant de rappeler que la concentration correspondant à la cote 60 représente le seuil critique d'utilisation de l'eau; lorsque la cote est inférieure à 60, l'eau n'est pas de bonne qualité par rapport à ce paramètre.

L'avantage principal de la fonction d'appréciation de la qualité réside dans le fait que l'on peut transformer rapidement la concentration d'un paramètre en une cote de qualité, représentant la qualité d'une eau pour un usage donné.

C) Calcul de l'indice de la qualité de l'eau

Après avoir déterminé pour quelle classe d'utilisation on désire appliquer la méthode, l'étape suivante consiste à utiliser les résultats d'analyse d'eau pour les paramètres requis dans cette classe et à les transformer en cote de qualité Q_i à l'aide des fonctions d'appréciation. La formule utilisée pour calculer l'Indice de la Qualité des Eaux est la suivante:

$$IQE = \prod_{i=1}^{n} (Q_i)^{P_i} = (Q_1)^{P_1} \times (Q_2)^{P_2} \times \ldots\ldots (Q_n)^{P_n}$$

$$\text{tel que} \quad \sum_{i=1}^{n} P_i = 1{,}0$$

et où i = ième paramètre

n = nombre de paramètres compris dans la classe

Q_i = cote de qualité du ième paramètre, nombre compris entre 0 et 100

P_i = pondération du ième paramètre, nombre compris entre 0 et 1.0

IQE = Indice de la Qualité des Eaux, nombre compris entre 0 et 100.

La valeur de l'indice de qualité correspond à la même définition que la cote de qualité d'un paramètre (voir tableau II.2). Le nombre ainsi obtenu représente l'Indice de la Qualité des Eaux pour un usage spécifique. Le service Qualité des Eaux possède un programme d'informatique qui permet le traitement rapide de l'information, ce qui rend l'utilisation de cette méthode des plus intéressantes en éliminant la phase de calcul qui pourrait rebuter les utilisateurs.

TABLEAU II.2

SIGNIFICATION DES COTES NUMÉRIQUES

COTE DE QUALITE	APPRECIATION DE LA QUALITE DE L'EAU
100	- Excellente
> 85	- Très bonne; concentration jugée de de très bonne qualité pour l'utilisation considérée
> 75	- Bonne; concentration jugée de bonne qualité pour l'utilisation considérée
60-75	- Passable; concentration où l'eau n'est pas de bonne qualité mais jugée encore utilisable
< 60	- Mauvaise; concentration où l'eau présente des problèmes pour l'utilisation visée; son utilisation exige des traitements directs ou indirects en vue d'améliorer sa qualité
0	- Très mauvaise

TABLEAU II.3

Critères de qualité (concentrations limites) utilisés dans l'Indice de la Qualité des Eaux.

Classe d'utilisation

PARAMETRES	QUALITE GENERALE DE L'EAU	EAU POTABLE	RECREATION	VIE AQUATIQUE	
				ORGANISMES TOLERANTS	ORGANISMES PEU TOLERANTS
2 COULEUR APPARENTE		15			
4 SOLIDES DISSOUS (mg/l)		600			
5 SOLIDES SUSPENSIONS (mg/l)				80	25
6 SOLIDES TOTAUX (mg/l)	320				
7 TEMPERATURE (°C)	4,8:-3,4		15:35	20	12
8 TURBIDITE (uj)	15	5	20	25	10
9 COLI.FECAUX(NPP)(ORG/100 ml)		0,8			
10 COLI.TOTAUX(NPP)(ORG/100 ml)	100	4	1000		
12 D.B.O.5 (mg/l)	4				
16 ALCALINITE TOTALE (mg/l $CaCO_3$)		75		130	65
18 AMMONIAC (NH_3) (N mg/l)	,016*			,016*	,016*
24 CADMIUM (mg/l)	,004*			,03 *	,004*
26 CHLORURES (mg/l)		200			
27 CHROME (mg/l)	,050*			,05 *	,05 *
29 CUIVRE (mg/l)	,02 *			,4 *	,02 *
30 CYANURES LIBRES (mg/l)	,005*			,005*	,005*
32 DURETE (mg/l $CaCO_3$)		10:170			
34 FLUORURES (mg/l)		2			
37 NICKEL (mg/l)	,05 *			,05 *	,05 *
38 NITRATES (N mg/l)		12			
39 OXYGENE DISSOUS (mg/l)				4 •	7 •
40 OXYGENE DISSOUS (% satu.)	60:150	53:140			
41 pH (unités)	6:8,7	6:8,8	6,5:3,3	5,5:9,0	6,5:8,5
44 PLOMB (mg/l)	,03 *			,03 *	,03 *
50 SULFATES (mg/l)		320			
54 ZINC (mg/l)	,01 *			,01 *	,01 *
55 DETERGENT LAS (mg/l)	,2 *			,2 *	,2 *
60 PHENOLS (mg/l)	,2 *	,002		,2 *	,2 *
62 B.P.C. (ug/l)	,002*			,002*	,002*
63 CHLORE RESIDUEL (mg/l)	,003*			,003*	,003*
64 MERCURE (mg/l)	,0002*	,002		,0002*	,0002*
65 AZOTE INORGANIQUE (N mg/l)	,3				
66 PHOSPHORE INORGANIQUE (P mg/l)	,026				

NOTE: A moins d'indication contraire, la concentration donnée représente la limite supérieure à ne pas dépasser. Lorsqu'il y a 2 nombres séparés par deux points celui de gauche représente la limite inférieure et celui de droite, la limite supérieure.

* : Paramètre "complémentaire" utilisé dans le calcul de l'indice seulement si sa cote de qualité est inférieure à 60 (ou concentration limite).

• : La concentration donnée représente la limite inférieure.

2.3.2 Application de la méthode

L'utilisation de cette méthode ne nécessite pas une information complexe pour la cueillette de la plupart des données. En effet, l'échantillonnage physico-chimique des lacs, tel que pratiqué par le service Qualité des Eaux du ministère des Richesses naturelles, permet de l'appliquer sur un grand nombre de lacs dans une période relativement courte.

Les analyses plus spécifiques telles que la DBO et le comptage des coliformes ne sont pas effectuées aux laboratoires du ministère. Cependant, lorsque ces tests s'avèrent nécessaires, une entente avec les Services de Protection de l'Environnement du Québec permet d'effectuer l'échantillonnage et l'analyse de l'eau pour ces paramètres.

C'est ainsi qu'avec une planification adéquate, cette méthode peut permettre de connaître, dans une région donnée, la qualité et les potentialités d'utilisation d'un grand nombre de lacs.

On peut aussi l'utiliser au niveau de l'affectation de la ressource lors de la conception des plans d'aménagement, de même qu'à l'intérieur du processus de restauration des lacs.

CHAPITRE III

LES MODÈLES D'APPORTS EN PHOSPHORE ET LA CAPACITÉ DE SUPPORT

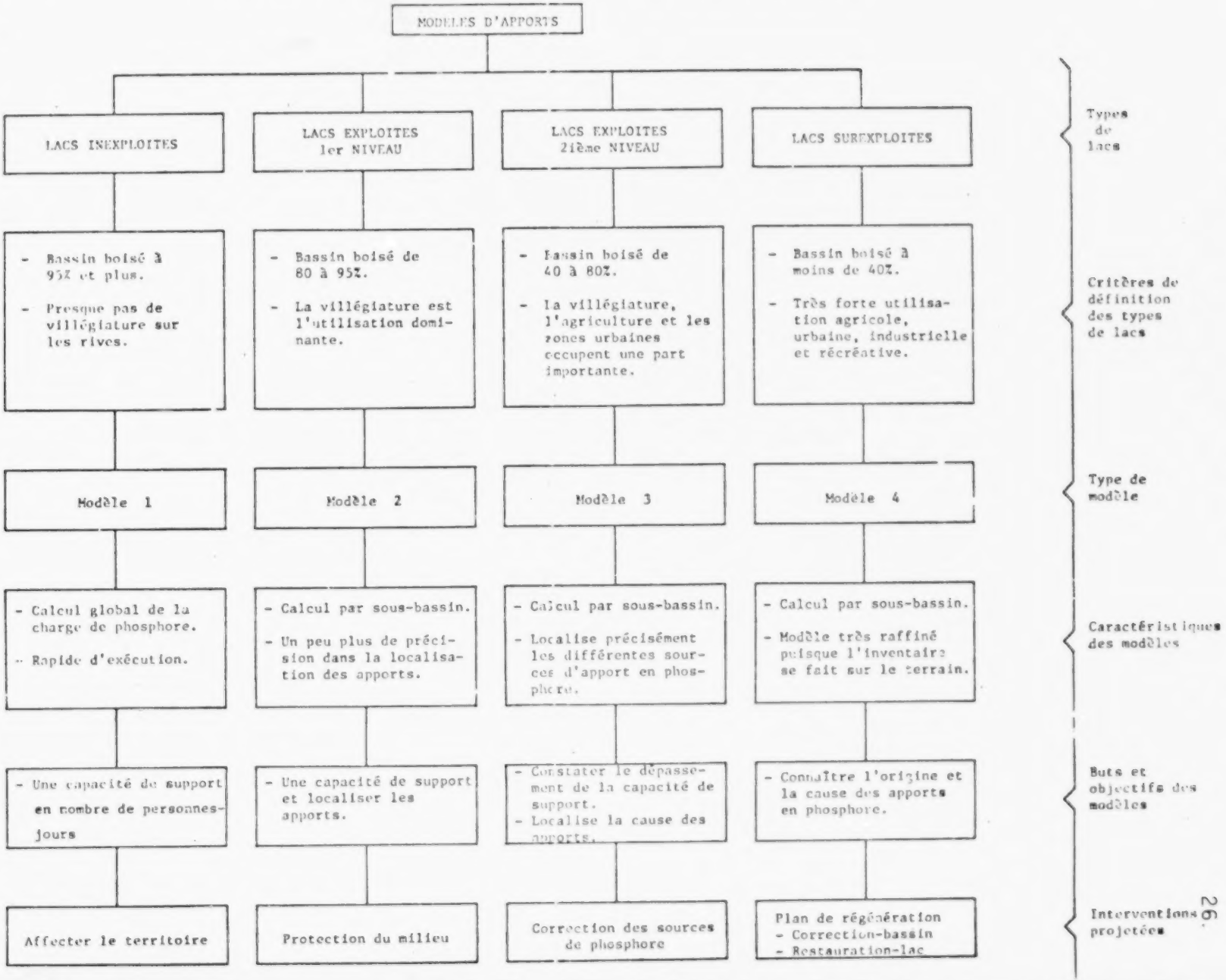
3.1 CADRE GÉNÉRAL

L'eutrophisation est un processus de vieillissement des écosystèmes lacustres, qui se manifeste selon diverses façons telles une croissance désordonnée et excessive des plantes aquatiques, un déficit chronique en oxygène dissous, une prolifération d'algues, etc. La cause première de cette situation réside principalement dans l'enrichissement des eaux en substances nutritives et principalement en phosphore. Le phosphore est le nutriment qui contrôle généralement la productivité des eaux et conséquemment, l'état trophique des lacs situés dans les régions à climat tempéré. Dans cette optique, il importe de contrôler les apports en phosphore si l'on veut conserver et surtout restaurer les nappes d'eau. Les modèles d'apports constituent l'outil nécessaire à l'évaluation théorique des différentes charges de phosphore provenant du bassin versant.

Le modèle d'apports peut se définir comme une simulation, une représentation la plus exacte possible de la réalité et ce, à l'aide d'équations appropriées. Cette représentation consiste en un calcul théorique puisque l'on présume que chaque composante du bassin versant exporte une certaine quantité de phosphore vers le milieu lacustre. De plus, les quantités de phosphore émises sont variables dépendamment du type d'exportateurs (agricole, forêt, industrie, population, etc.), (Dillon 1975; Dillon et Rigler 1975). Ainsi, les forêts relâchent relativement peu de phosphore comparativement aux zones agricoles, industrielles, etc... Toutes les quantités sont comptabilisées et constituent la charge de phosphore que reçoit le lac. Cette méthode d'évaluation du bilan de phosphore a été testée par Scheider, W.A. (1978) sur quatre lacs du bouclier canadien en Ontario, et sur quatorze lacs du sud du Québec (Potvin 1976); il s'avère que la concentration de phosphore prédite pour le printemps s'accorde bien avec les valeurs mesurées sur le terrain.

Les modèles d'apports s'appliquent sur quatre types de lacs, soit: 1^{o}. les lacs inexploités 2^{o}. les lacs exploités du premier niveau 3^{o}. les lacs exploités du second niveau 4^{o}. les lacs surexploités. Chacun de ceux-ci est traité avec un degré de raffinement différent.

FIGURE III - 1 LES DIFFERENTS MODELES D'APPORTS ET LEURS CARACTERISTIQUES



3.2 MÉTHODE D'ÉVALUATION

Cette section traite plus spécifiquement des différentes méthodes d'évaluation des apports en phosphore selon les différents degrés de raffinement. Ces degrés de raffinement sont déterminés par le type de lac étudié.

Ainsi, pour un lac de type inexploité, l'évaluation des apports en phosphore se fait par le modèle 1 qui donne une précision satisfaisante. Le lac de type exploité est évalué par le modèle 2 ou 3, selon que le lac est exploité au premier niveau ou au second niveau. Ces deux modèles donnent des niveaux de précision un peu plus raffinée. Le lac considéré comme surexploité fait l'objet d'une évaluation plus sophistiquée par le modèle 4. Ce modèle donne une précision très raffinée. (Voir figure III.1).

3.2.1 Les lacs inexploités

Les lacs inexploités sont très nombreux au Québec et constituent même la majorité. Un lac inexploité en est un dont l'activité humaine dans le bassin versant est inexistante ou très restreinte. De plus, le bassin versant est boisé à plus de 95 pour cent et la villégiature sur les rives n'existe presque pas.

Il faut donc opter pour un modèle facilement utilisable et assez rapide d'exécution. Le modèle 1 répond bien à ces exigences.

Ce modèle est caractérisé surtout par un calcul général de la charge globale de phosphore (tableau III.1). L'unité de calcul comprend tout le bassin versant du lac et cette charge globale provient de cette unité sans plus de localisation. Les superficies des principales classes d'utilisation du sol ainsi que les populations permanentes et saisonnières sont comptabilisées et jumelées à des coefficients d'exportation de phosphore*. La charge de phosphore provenant du sol se résume à l'exportation des forêts et à quelques zones improductives. Le reste de la charge de phosphore provient de l'apport naturel des précipitations.

3.2.2 Les lacs exploités

Les lacs exploités constituent la catégorie dans laquelle se situe une grande partie des lacs habités du Québec. En outre, ils peuvent être exploités à des degrés divers, et c'est pour cette raison qu'ils ont été partagés en deux groupes, à savoir les lacs exploités du premier niveau et les lacs exploités du second niveau.

---

* Pour de plus amples informations concernant les coefficients d'exportation, le lecteur peut se référer à la Méthodologie pour le calcul des apports en phosphore et la capacité de support.

TABLEAU III-1 UTILISATION DU TERRITOIRE ET CALCUL DES CHARGES SPECIFIQUES EN PHOSPHORE (Modèle 1)

SUPERFICIE DU BASSIN (SANS LE LAC) (A_d)	km^2
SUPERFICIE DU LAC (A_o)	km^2
FACTEUR D'ENVIRONNEMENT (f_u)	
COEFFICIENT D'OCCUPATION DES CHALETS (Co)	

UTILISATION DU SOL		%	km^2	COEFFICIENT D'EXPORTATION kg P/km^2-an	APPORTS kg P/an
AFFECTATION AGRICOLE (P + A + G + H)	(P)			50	
ZONES IMPRODUCTIVES (E + O + K + U + S)	(Ip)			25	
FORET AVEC SUBSTRAT IGNE	(Ti)			5	
FORET AVEC SUBSTRAT SEDIMENTAIRE	(Ts)			12	
AFFECTATION URBAINE	(B)			150	
MARAIS, MARECAGES	(H)			25	
SURFACE D'EAU	(Z)			38	
COEFFICIENT D'EXPORTATION MOYEN	($\bar{E}_s$)				
TOTAL					J_s =

POPULATION		NOMBRE		FORMULE D'EXPORTATION	APPORTS kg P/an
NOMBRE DE CHALETS POPULATION SAISONNIERE	(Nc) (PSS)	PSS =	Nc =	Nc x Co x 0,75 x 0,8	
POPULATION PERMANENTE AVEC EGOUT	(PPA)	PPA =		PPA X 0,8	
POPULATION PERMANENTE SANS EGOUT	(PPS)	PPS =		PPS X 0,8 x 0,75	
TOTAL		C =			J_c =

CHARGE SPECIFIQUE (g P/m^3-an)		CALCUL	VALEUR g P_t/m^3-an
A PARTIR DU SOL	(L_s)	$(\bar{E}_s/1000) \times f_u$	
EN PROVENANCE DE LA POPULATION	(L_c)	$J_c / (A_n \times 1000)$	
A PARTIR DES PRECIPITATIONS	(L_{pr})	———	0,038
A PARTIR DU OU DES LACS EN AMONT	(L_a)	$\sum_{i=1}^{n} \frac{(1 - R_l) \times L_{pl} \times A_{ol}}{A_o}$	
TOTAL	(L_p)	$L_s + L_c + L_{pr} + L_a$	

A) Les lacs exploités du premier niveau

Les critères suivants caractérisent les lacs exploités du premier niveau. Le bassin versant doit être boisé à plus de 80 pour cent et la villégiature sur les rives du lac constituer l'utilisation dominante. Les secteurs agricoles sont peu importants et les zones urbaines (d'après la classification de l'A.R.D.A.) consistent plutôt en de petits villages qu'en de fortes concentrations d'activités humaines. De plus, les lacs du bassin versant, c'est-à-dire ceux en amont du lac étudié, doivent posséder les caractéristiques des lacs inexploités.

La méthode employée dans un lac exploité du premier niveau est le modèle 2. Il s'agit d'un modèle un peu plus raffiné et un peu plus précis que le premier, puisque l'unité de calcul est plus petite. Le bassin versant du lac est subdivisé en sous-bassins. Alors, dans ces subdivisions, les superficies des principales classes d'utilisation du sol de même que la population permanente et saisonnière sont comptabilisées et jumelées à des coefficients d'exportation (voir tableau III.2). En fait, les calculs sont répétés dans chaque sous-bassin du bassin versant du lac. Ainsi, il est facile d'identifier le sous-bassin qui apporte le plus de phosphore au lac.

B) Les lacs exploités du second niveau

Les lacs exploités du second niveau sont déterminés par les caractéristiques suivantes. Les forêts comptent pour moins de 80 pour cent de la superficie du bassin versant; les rives sont fortement exploitées par la villégiature et les zones agricoles et/ou urbaines occupent une part importante du bassin versant. On peut également observer des activités plus intensives comme l'élevage industriel (porc, volaille, etc.), la présence industrielle proprement dit, etc. Bref, le lac subit une pression beaucoup plus vive de la part du milieu environnant.

Les bassins des lacs exploités du second niveau nécessitent l'emploi du modèle 3. En effet, les taux d'exploitation des différentes utilisations du sol sont assez élevés pour requérir un certain approfondissement des données d'inventaire, de façon à établir un calcul théorique plus exact et spatialement plus précis. L'unité de base pour le calcul des apports est celle du sous-bassin. Un des buts premiers de ce modèle consiste à localiser les apports le plus précisément possible. La division du bassin en de multiples unités est alors primordiale.

La planimétrie des utilisations du sol dans le bassin s'effectue également au niveau de chaque unité de drainage; ce calcul est essentiel puisque l'on accorde un coefficient d'exportation spécifique à chacune des utilisations (voir tableau III.3). Les populations

TABLEAU III-2 UTILISATION DU TERRITOIRE ET CALCUL DES CHARGES SPECIFIQUES EN PHOSPHORE

PAR SOUS-CASSIN (Modèle 2)

SUPERFICIE DU SOUS-BASSIN	(SR)	km²
SUPERFICIE DU LAC	A_o	km²
FACTEUR D'ENVIRONNEMENT	f_u	
NOMBRE DE CHALETS	(Nc)	
NOMBRE DE PERSONNES-JOURS POUR LA POPULATION SAISONNIERE ET FLOTTANTE	(NBJA) AVEC EGOUT (NBJS) SANS EGOUT	

UTILISATION DU SOL		%	km²	COEFFICIENT D'EXPORTATION kg P/km²-an	APPORTS kg P/an
AFFECTATION AGRICOLE (P + A + H + G)	(P)			50	
ZONES IMPRODUCTIVES(E + O + K + U + S)	(Ip)			25	
FORETS AVEC SUBSTRAT IGNE	(Ti)			5	
FORET AVEC SUBSTRAT SEDIMENTAIRE	(Ts)			12	
AFFECTATION URBAINE	(B)			150	
MARAIS, MARECAGES	(M)			25	
SURFACE D'EAU	(Z)			38	
COEFFICIENT D'EXPORTATION MOYEN	($\bar{E}_s$)				
TOTAL					J_s =

POPULATION		NOMBRE	FORMULE D'EXPORTATION	APPORTS kg P/an
POPULATION SAISONNIERE (PSA) ET FLOTTANTE AVEC EGOUT		PSA =	$\frac{NBJA \times 2,2}{1000}$	
POPULATION SAISONNIERE (PSS) ET FLOTTANTE SANS EGOUT		PSS =	$\frac{NBJS \times 2,2 \times 0,75}{1000}$	
POPULATION PERMANENTE AVEC EGOUT	(PPA)	PPA =	PPA / 0,8	
POPULATION PERMANENTE SANS EGOUT	(PPS)	PPS =	PPS x 0,8 x 0,75	
TOTAL		C =		J_c =

CHARGE SPECIFIQUE (g P/m²-an)		CALCUL	VALEUR g P_t/m²-an
A PARTIR DU SOL	(L_s)	$(E_s/1000) \times f_u$	
EN PROVENANCE DE LA POPULATION	(L_c)	$J_c / (A_o \times 1000)$	
A PARTIR DU OU DES LACS EN AMONT	(L_a)	$\sum_{i}^{n} \frac{(1 - R_i) \times L_{pi} \times A_{oi}}{A_o}$	
TOTAL	(L_p)	$L_s + L_c + L_a$	

TABLEAU III-3 UTILISATION DU TERRITOIRE ET CALCUL DES CHARGES SPECIFIQUES EN PHOSPHORE PAR SOUS-BASSIN (Modèle 3)

SUPERFICIE DU SOUS-BASSIN	(SB)	km^2
SUPERFICIE DU LAC	(A_o)	km^2
FACTEUR D'ENVIRONNEMENT	(f_u)	
NOMBRE DE CHALETS	(Kc)	
NOMBRE DE PERSONNES-JOURS POUR LA POPULATION SAISONNIERE ET FLOTTANTE	(NPJ=) (NPJS)	AVEC EGOUT SANS EGOUT

UTILISATION DU SOL		%	km^2	COEFFICIENT D'EXPORTATION kg P/km^2-an	APPORTS kg P/an
SOL NU (P + A + H + G + E + O + K + U + S)	(Ip)			25	
FORET AVEC SUBSTRAT IGNE	(Ti)			5	
FORET AVEC SUBSTRAT SEDIMENTAIRE	(T_s)			12	
AFFECTATION URBAINE	(B)			150	
MARAIS, MARECAGES	(M)			25	
SURFACE D'EAU	(I)			38	
COEFFICIENT D'EXPORTATION MOYEN	(E_s)				
TOTAL					J_s

POPULATION HUMAINE		NOMBRE	FORMULE D'EXPORTATION	APPORTS kg P/an
POPULATION SAISONNIERE (PSA) ET FLOTTANTE AVEC EGOUT		PSA =	$\frac{\text{Nbre J} \times \text{PJ}}{\text{nbre J} \times 2.2 \times 0.75}$	
POPULATION SAISONNIERE (PSS) ET FLOTTANTE SANS EGOUT		PSS =		
POPULATION PERMANENTE AVEC EGOUT	(PPA)	PPA =	PPA x 0,8	
POPULATION PERMANENTE SANS EGOUT	(PPS)	PPS =	PPS x 0,8 x 0,75	
TOTAL		C =		J_c =

POPULATION ANIMALE		NOMBRE	FORMULE D'EXPORTATION	APPORTS kg P/an
BOVINS	(BO)	BO =	BO x 0,61	
PORCS	(PO)	PO =	PO x 0,17	
MOUTONS	(MO)	MO =	MO x 0,09	
VOLAILLES	(VO)	VO =	VO x 0,01	
CHEVAUX	(CH)	CH =	CH x 0,42	
				J_a =

ENGRAIS CHIMIQUES	VARIABLE SELON LES TERRES FERTILISEES PAR RAPPORT AUX TERRES CULTIVEES POUR LES MUNICIPALITES DU BASSIN	J_e =
INDUSTRIES	A DETERMINER POUR CHAQUE INDUSTRIE	J_i =

CHARGE SPECIFIQUE (g P/m^3-an)		CALCUL	VALEUR g P_t/m^3-an
A PARTIR DU SOL	(L_s)	$(E_s / 1000) \times f_u$	
EN PROVENANCE DE LA POPULATION HUMAINE	(L_c)	$J_c / (A_o \times 1000)$	
EN PROVENANCE DE LA POPULATION ANIMALE	(L_a)	$J_a / (A_o \times 1000)$	
EN PROVENANCE DES ENGRAIS CHIMIQUES	(L_e)	$J_e / (A_o \times 1000)$	
EN PROVENANCE DES INDUSTRIES	(L_i)	$J_i / (A_o \times 1000)$	
A PARTIR DU OU DES LACS EN AMONT	(L_a)	$\sum_{l=1}^{n} \frac{(1 - R_l) \times L_{pl} \times A_{ol}}{A_o}$	
TOTAL	(L_p)	$L_s + L_c + L_a + L_e + L_i + L_a$	

humaines se subdivisent en deux catégories, soit les populations permanentes d'une part, saisonnières et flottantes d'autre part (chalets, colonies de vacances, campings, etc.). Ces populations sont dénombrées et leurs apports respectifs en phosphore quantifiés.

Ce modèle d'apports met l'emphase sur la quantification de l'activité agricole. En effet, les statistiques agricoles permettent de localiser exactement les concentrations animales dans chacun des sous-bassins par les numéros de rangs et de lots. Chaque type d'animal exporte une quantité donnée de phosphore; on fait la somme de tous ces apports pour chacune des unités de drainage. La question des engrais chimiques requiert l'utilisation de calculs un peu plus complexes et spécifiques à chacun des bassins étudiés.

Les industries constituent souvent des agents pollueurs d'importance. Ce modèle tente donc, dans la mesure du possible, d'évaluer les apports provenant de ces dernières. Ceux-ci sont fonction du type d'industrie, de sa taille, de sa production, etc. et doivent être évalués à l'aide de données précises vu leur impact ponctuel considérable.

La sommation de tous ces apports par unité de drainage permet d'identifier graphiquement le stade trophique du lac. Comme il s'agit d'une estimation théorique, le stade trophique du lac doit être vérifié à l'aide de paramètres indicateurs fournissant des valeurs réelles. On peut cependant ajouter que, dans la pratique, la corrélation entre les deux s'avère très bonne. De plus, le modèle fournit des informations très précises quant à la localisation et à l'importance relative des principales sources de phosphore.

3.2.3 Les lacs surexploités

Par rapport aux lacs exploités, les lacs surexploités sont relativement peu nombreux. Ces derniers voient leur bassin fortement occupé par diverses utilisations et le pourcentage du territoire encore boisé est souvent inférieur à 40 pour cent. Dans la presque totalité des cas, ces lacs ont atteint des taux d'enrichissement en matières nutritives très élevés. La correction des sources de phosphore dans le bassin versant s'avère insuffisante pour produire une récupération du lac, et des moyens externes comme le fauchage des plantes aquatiques, l'oxygénation de la masse d'eau, etc. sont alors nécessaires pour accélérer la restauration du lac. Ce type de lac appelle donc l'élaboration d'un plan de régénération comportant deux volets, soit la correction dans le bassin de drainage et la restauration dans le milieu lacustre lui-même. Ces interventions constituent les tentatives ultimes pour récupérer les masses d'eau; aussi, faut-il que les outils d'inventaire et d'analyse soient les plus exacts et les plus précis possible. C'est à ce niveau qu'intervient le modèle 4.

Ce modèle d'apports possède sensiblement les mêmes caractéristiques que le modèle 3, à la différence que les données d'inventaire sont contrôlées sur le terrain. Ainsi, les renseignements sur les populations humaines sont pris sur place, l'utilisation du sol, dans la mesure du possible, est vérifiée de même que les concentrations animales. De plus, la façon de présenter les résultats est quelque peu différente puisque en plus de déterminer globalement l'origine des plus grandes sources d'apports par sous-bassin, nous adoptons une quantification des apports par unité de surface.

La question des fosses septiques demeure primordiale. Dans le cas des lacs surexploités, il s'avère absolument essentiel d'avoir en main un relevé de la qualité des installations septiques. L'inventaire sanitaire, couplé avec d'autres relevés de terrain comme les pentes, les conditions de drainage, les types de sol de même que les distances par rapport aux eaux souterraines et de surface, permettront éventuellement d'identifier des coefficients de rétention appropriés à diverses situations.

De façon globale, les quatre modèles présentés reflètent différentes phases de développement des bassins versants et conséquemment, visent l'adoption de modes d'intervention distincts pour chacun des cas.

3.3 APPLICATION DE LA MÉTHODE

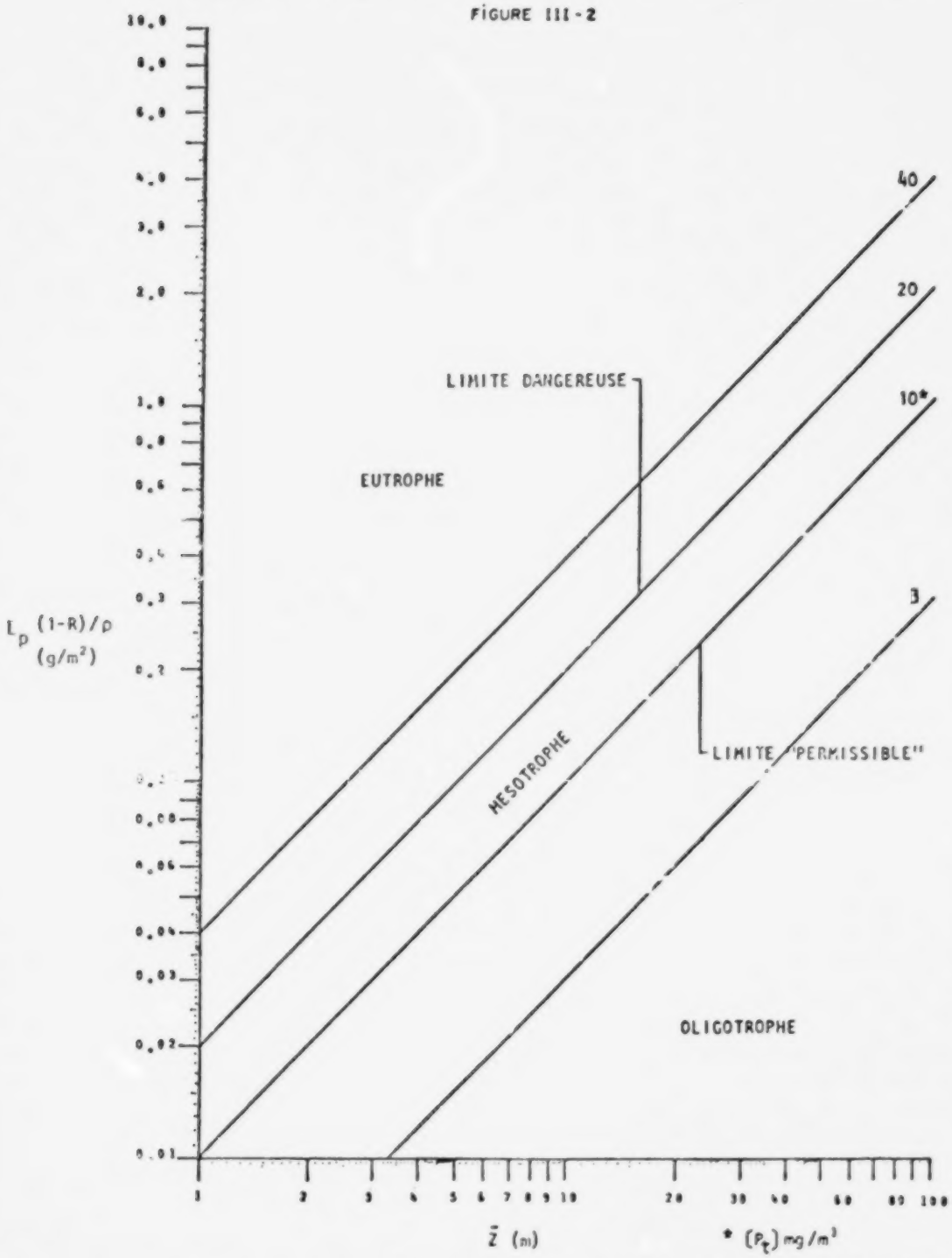
Comme il a été vu précédemment, chacun des modèles s'applique plus particulièrement à un type de lac, le degré de raffinement allant de pair avec le taux d'exploitation du bassin versant. Le premier but des modèles est de quantifier les charges de phosphore parvenant au milieu lacustre en termes de grammes par mètre carré par année.

Pour faire suite à cette quantification de la charge totale de phosphore, on détermine, avec l'aide d'autres variables, le stade trophique auquel est parvenu le lac. Ce stade trophique est obtenu à partir d'un graphique (Dillon 1974) reliant l'état trophique d'un lac à sa concentration prédite de phosphore au brassage printanier (voir figure III.2). La position du lac étant effectuée, il est possible de calculer une capacité de support du lac; ce qui constitue le deuxième but des modèles. Une capacité de support est en fait une charge de phosphore supplémentaire que le lac peut absorber tout en conservant son même stade trophique. Cette capacité de support est déterminée en nombre de personnes-jour et peut être transformée en équivalents chalets, campings, colonies de vacances, résidences permanentes ou autres infrastructures.

Enfin, le troisième but est de localiser le plus exactement possible la source de phosphore. En effet, avec les modèles 2, 3 et 4, le bassin est subdivisé en sous-bassins; ce qui permet une meilleure localisation de la provenance des apports et de distinguer l'importance relative de chaque unité de drainage.

MODELE RELIANT L'ETAT TROPHIQUE D'UN LAC A SA CONCENTRATION PREDITE DE PHOSPHORE AU BRASSAGE PRINTANIER

FIGURE III-2



SERVICE QUALITE DES EAUX, MIN. DES RICHESSES NATURELLES, ADAPTE DE VOLLENWEIDER, 1976.

3.3.1 Applications aux lacs inexploités

Globalement, pour les lacs qualifiés d'inexploités, les charges de phosphore qui atteignent le lac originent surtout de sources naturelles, comme l'exportation des forêts et les précipitations qui tombent directement à la surface du lac. Ce calcul nous permet d'établir une capacité de support pour le bassin versant qui vise à conserver au lac son état d'équilibre. L'intervention projetée à ce niveau consiste donc à affecter le territoire du bassin versant en zonant certains secteurs (zones de conservation, à développer, à protéger, etc.). L'élaboration de ce modèle peut se faire assez rapidement, surtout lorsque le bassin versant est de dimension assez réduite, puisque l'étape nécessitant le plus de temps est la planimétrie de l'utilisation du sol. Globalement, le calcul des apports de phosphore pour un lac inexploité peut requérir le travail d'une personne pendant deux jours.

3.3.2 Applications aux lacs exploités du premier niveau

Le modèle 2, tout en conservant les mêmes coefficients que ceux du modèle précédent, découpe le bassin versant en unités de drainage que sont les sous-bassins. On peut ainsi identifier les zones exportatrices et celles qui ont conservé leur aspect naturel, afin de voir si la capacité de support a été dépassée. Cependant, dans la majorité des lacs considérés comme exploités du premier niveau, la capacité de support est rarement atteinte ou dépassée. C'est alors qu'il faut prévoir l'établissement de normes visant à protéger les secteurs non encore touchés de façon à ce que le développement dans le bassin versant s'effectue harmonieusement en ne perturbant pas la stabilité du milieu lacustre. De plus, il peut s'avérer que les structures déjà en place soient génératrices d'apports; il importera donc de remédier, par les correctifs appropriés, à ces causes de pollution (installations septiques inadéquates, déboisement excessif, etc.). L'élaboration du modèle 2 implique sensiblement les mêmes étapes que pour le précédent, à la différence que le fractionnement du bassin versant en plusieurs unités, de même que le décompte des populations en présence peuvent allonger la période nécessaire à sa réalisation. Il faut compter une durée d'environ quatre jours pour une personne.

3.3.3 Applications aux lacs exploités du second niveau

Les lacs qualifiés d'exploités du second niveau nécessitent l'utilisation du modèle 3, puisque le territoire du bassin versant se partage en plusieurs modes d'utilisation du sol et qu'en plus, l'agriculture est bien implantée. En effet, ce modèle permet de localiser très exactement les concentrations animales et fournit, par un calcul pondéré des engrais utilisés dans les municipalités, une quantité de phosphore émise par unité de surface cultivée. Le décompte des populations humaines (permanente et saisonnière) constitue en outre un élément essentiel dans l'établissement de la charge de phosphore parvenant au lac. Un des avantages premiers de ce modèle est de déterminer de façon assez précise l'origine des différents apports et ce, par unité de drainage.

Dans plusieurs cas, la charge de phosphore est telle que les limites admissibles, voire dangereuses, sont atteintes et même dépassées. De telles situations nécessitent l'instauration des correctifs appropriés, et le modèle d'apports constitue un outil précieux en départageant les responsabilités entre les différents utilisateurs du territoire (les apports d'origine naturelle étant exclus nécessairement). On peut également estimer l'ampleur de la détérioration en comparant la charge calculée avec celle émise, si le bassin avait conservé entièrement son état naturel. Ce modèle d'apports peut donc prétendre jouer un rôle de gestion lorsque les mécanismes d'intervention entrent en action. Sa réalisation cependant, nécessite une période de temps plus longue que pour les précédents, étant donné la somme des données à recueillir, la planimétrie à effectuer, la localisation des informations, etc. Le temps requis pour ce travail est évalué en moyenne à dix jours; il se peut qu'il faille encore plus de temps dans le cas de très grands bassins comme ceux des lacs Aylmer, Saint-François, Massawippi, etc.

3.3.4 Applications aux lacs surexploités

Le modèle 4 ne peut s'appliquer qu'à un petit nombre de lacs, étant donné le travail impliqué. En effet, il s'agit du modèle le plus raffiné dans lequel les données d'inventaire sont vérifiées sur le terrain et à l'aide de renseignements très récents. Le calcul des charges de phosphore se doit d'être le plus précis possible puisque le but visé, à priori, est la correction des principales sources de phosphore dans le bassin et, ultérieurement, l'adoption de mesures de restauration dans le lac même. Ce modèle, de par sa représentation (exportation par unité de surface), permet de toucher directement les secteurs qui exportent le plus et ainsi d'orienter les priorités au moment de l'adoption des correctifs. Les lacs visés par ce modèle sont ceux qui reçoivent un très fort excédent de substances nutritives. Les milieux lacustres réagissent et il se produit des situations comme des déficits chroniques en oxygène, une croissance excessive des plantes aquatiques, etc. Les conditions du milieu sont telles que les lacs ne peuvent pas toujours récupérer, même si tous les apports artificiels provenant du milieu sont stoppés. Des actions de restauration sont alors nécessaires et l'ensemble des interventions dans le bassin versant et dans le lac s'inscrit dans un plan de régénération, entreprise concertée de la part des autorités gouvernementales, municipales et des populations en présence. La durée de réalisation du modèle 4 est éminemment variable et dépend, entre autres choses, de la superficie du bassin versant impliqué et de la gravité des problèmes à traiter. Des études semblables sont entreprises sur peu de lacs et ce modèle d'apports sous-tend en quelque sorte toute l'entreprise de régénération.

En somme, quel que soit le type de modèle utilisé, il n'en demeure pas moins qu'il s'agit là d'une estimation théorique et que l'on doit la considérer comme telle. Ce calcul agit donc à titre de quantificateur de situations qui n'étaient auparavant que qualifiées. En outre, cet outil tente d'être le plus représentatif des conditions géographiques existantes et les coefficients d'exportation utilisés sont le fruit d'expérimentations et d'analyses sur le terrain effectuées par de nombreux chercheurs en Amérique et en Europe. Ces coefficients peuvent cependant être appelés à changer suivant les dernières recherches en ce domaine. Le modèle d'apports constitue, par conséquent, une des meilleures méthodes pour évaluer les charges en phosphore que peut recevoir un lac. Connaissant bien les hypothèses de départ, de même que les limites du modèle, il peut s'avérer un outil extrêmement efficace dans la gestion des lacs et pour les entreprises de régénération, tout en ne négligeant pas qu'il y a toujours une place pour l'interprétation humaine.

CHAPITRE IV

ÉVALUATION DES POTENTIELS ÉCOLOGIQUES

4.1 CADRE GÉNÉRAL

L'évaluation des potentiels écologiques* est une composante importante de la "Diagnose Ecologique"; il convient donc d'en définir la nature, le cadre d'utilisation et la portée.

Prise dans son sens le plus large, l'évaluation des potentiels écologiques est une méthode de connaissance du milieu aquatique orientée vers les relations existant entre le milieu biophysique et les organismes qui l'habitent.

Suite à une réflexion issue de nombreuses études sur les lacs, il s'est avéré que sur l'ensemble du périmètre du lac, il existe plusieurs types de milieux ayant chacun leur caractéristique; par le fait même, les relations entre ces milieux et les organismes qui les fréquentent sont différentes. On arrive donc à la constatation que, vis-à-vis une relation précise entre le milieu et les organismes, les différentes zones d'un lac n'ont pas toutes la même importance écologique. Afin de bien saisir cette réalité, on a choisi de travailler par le biais des potentiels écologiques appliqués à une unité de référence (segment riverain) propre à ce mode d'évaluation.

Le terme potentiel tel qu'utilisé dans cette méthode ne se rapporte pas à un rendement mesuré ou prévu. Il consiste d'abord et avant tout à une estimation du degré d'aptitude d'un segment à satisfaire certaines fonctions vitales (reproduction, nutrition, protection) pour la faune aquatique, compte tenu des exigences des différents organismes et des caractéristiques biophysiques des segments considérés.

Cette unité de référence que l'on nomme segment riverain se définit ainsi: une portion du périmètre du lac de pente et de substrat assez homogène. L'inventaire écologique permet d'en déterminer le ou les potentiels.

---

* Pour de plus amples renseignements sur cette méthodologie, on pourra consulter "Méthodologie d'Evaluation des Potentiels écologiques"...

Ce mode d'évaluation permet donc de mettre en évidence, sur tous les lacs étudiés, les zones de grande importance pour l'équilibre écologique du lac et conséquemment de rationaliser l'affectation du milieu aquatique.

On retrouve à la figure IV.1 un schéma illustrant les différentes étapes de l'évaluation des potentiels écologiques.

4.2 FONDEMENT ÉCOLOGIQUE DE LA MÉTHODE

Comme base à l'évaluation des potentiels écologiques, deux types d'organismes ont été choisis, soit les poissons et la sauvagine. Outre la relation évidente qui existe entre ces organismes et le milieu aquatique, les raisons qui ont amené ce choix sont les suivantes:

- Si l'on ne considère que le milieu aquatique, ces organismes (poissons, sauvagine) se situent au haut de la pyramide alimentaire, ce qui en fait en quelque sorte, des organismes intégrateurs de la qualité du milieu. De plus, le fait qu'ils soient au haut de la pyramide, nous oblige pour assurer leur maintien, à tenir compte des organismes situés à des niveaux inférieurs.

- Leurs exigences biologiques sont assez bien marquées et relativement mieux connues.

- Ce sont des organismes faciles à observer et à identifier sur le terrain.

- Leur population est relativement stable tout au cours de l'année.

- Ils représentent une ressource biologique exploitable et exploitée, donc plus vulnérable aux agressions sur le milieu, et possèdent une importance économique certaine.

Les poissons et la sauvagine, comme tout organisme vivant, doivent rencontrer pour leur survie et la survivance de leur espèce, trois exigences fondamentales: de la nourriture, un abri et des conditions favorables à la reproduction. Il faut donc s'assurer que ces trois fonctions vitales puissent être maintenues dans l'environnement immédiat du lac. Pour ce faire, les potentiels de frai, de nourriture et d'abri de chaque segment sont évalués quantitativement, afin de sélectionner sur le périmètre du lac les zones les plus aptes à répondre aux exigences de ces fonctions.

CHEMINEMENT LOGIQUE DE L'EVALUATION DES POTENTIELS ÉCOLOGIQUES

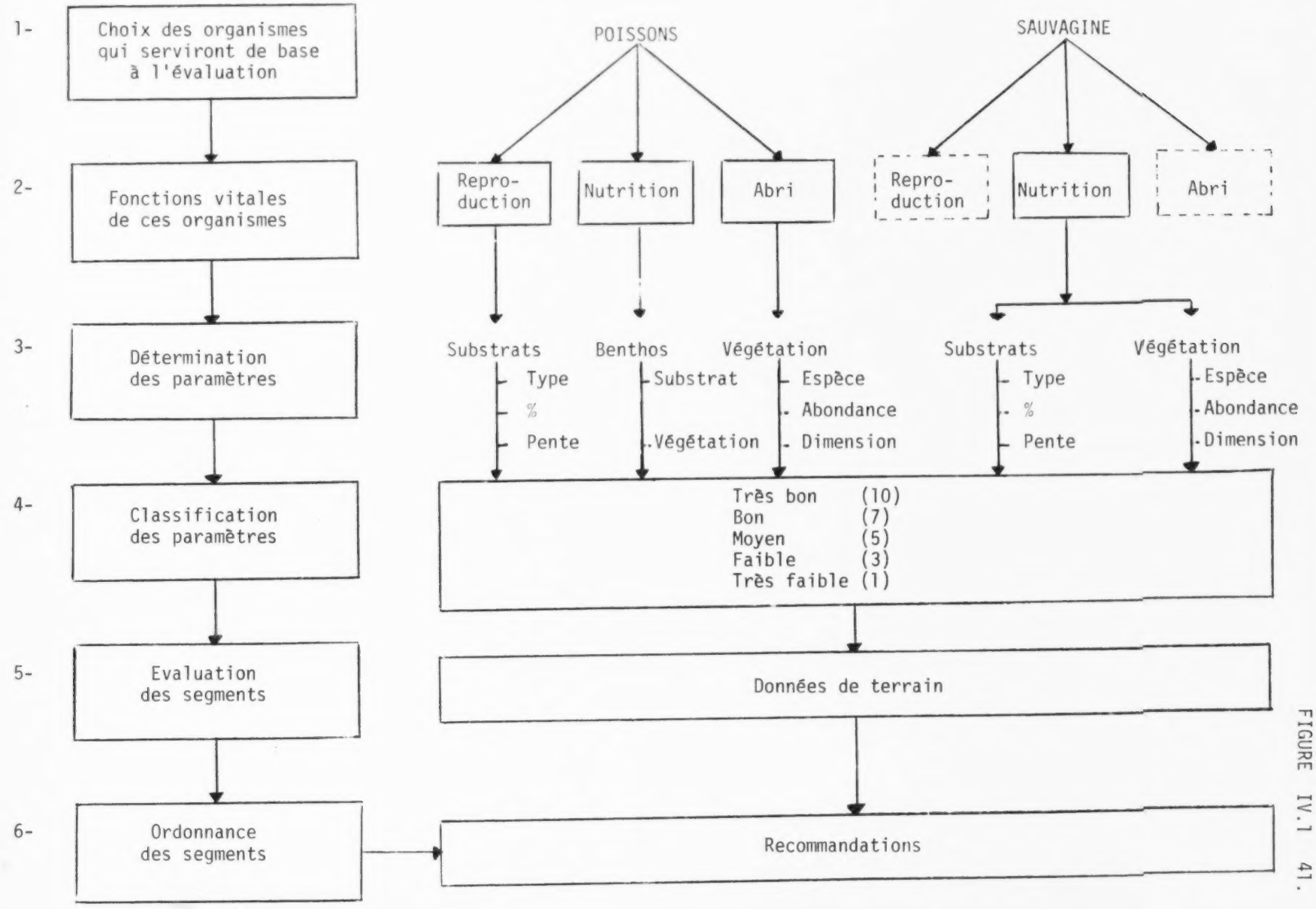


FIGURE IV.1 41.

Les valeurs numériques de potentiel n'ont pas de signification en elles-mêmes; elles ne prennent leur véritable sens que comparées aux autres valeurs calculées pour la même fonction sur les autres segments du même lac. L'interprétation des valeurs de potentiel se fait à l'intérieur d'un système d'ordonnance. Les segments ayant les plus hautes valeurs de potentiel pour une fonction donnée, obtiennent les premiers rangs et sont donc considérés comme étant les segments les plus aptes à répondre aux exigences de cette fonction.

4.3 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES POTENTIELS

4.3.1 Potentiel de frai en lac

Le succès de la reproduction des espèces piscicoles est fonction de la qualité des frayères et du potentiel de reproduction des populations concernées. Lors de visites sur le terrain (celles-ci se déroulant le plus souvent en dehors des périodes de frai), il n'est habituellement pas possible d'identifier avec certitude le site précis d'une frayère de même que son rendement. Il a donc été nécessaire d'adopter une approche indirecte afin d'atteindre le but visé, soit la protection de ces sites.

Les paramètres d'évaluation retenus pour le calcul du potentiel de frai sont: le type de substrat, son pourcentage de recouvrement et la pente de la beine. Ces paramètres sont évalués et décrits pour chacun des segments riverains au moment de la visite sur le terrain.

Pour le substrat, on a établi pour les différentes espèces considérées, une cote basée sur l'utilisation et leur rendement prévu comme site de frai. Le pourcentage de recouvrement de chacun des substrats est ramené sur une échelle de 1 à 10 afin de faciliter le traitement des données. La pente est, elle aussi, affectée d'une cote, soit 10, 5 ou 1 selon qu'elle est faible, moyenne ou forte. La multiplication et la sommation des valeurs* ainsi obtenues nous donnent le potentiel brut; cette valeur multipliée par le rapport entre la longueur du segment et le périmètre du lac constitue le potentiel pondéré du segment pour le frai. Les résultats de cette évaluation sont ensuite mis dans un tableau d'ordonnance. Lors de l'interprétation, on tiendra compte des deux types de potentiel calculé, soit le potentiel brut et le potentiel pondéré.

Cette opération est réalisée pour chacune des espèces de poissons d'intérêt sportif présents.

---

* Une description complète des différentes étapes du traitement de ces données est présentée dans "Méthodologie d'Evaluation des Potentiels écologiques".

4.3.2 Potentiel de frai en tributaires

Les tributaires étant des milieux de vie différents du milieu lacustre, ils abritent généralement une faune qui leur est propre. Le but de la présente section n'est pas d'évaluer le tributaire pour lui-même (espèces présentes, densité, etc.), mais de l'évaluer comme complément du milieu lacustre et plus particulièrement comme site potentiel de frai pour les espèces de poissons présentes dans le lac. Cette évaluation du potentiel de frai des tributaires s'avère nécessaire en raison de la préférence marquée et même de l'exigence qu'éprouvent certaines espèces vis-à-vis ce type de frayère (ex: truite arc-en-ciel, ouananiche, truite mouchetée).

L'évaluation du potentiel de frai des tributaires ne fait pas l'objet d'un calcul mathématique. La méthode consiste à juger, d'après les caractéristiques biophysiques du tributaire et les caractéristiques biophysiques généralement associées aux frayères de l'espèce considérée, des possibilités ou de l'aptitude du tributaire à répondre aux exigences du frai de l'espèce. C'est donc en confrontant les caractéristiques associées généralement aux frayères en tributaires, les observations recueillies au cours de l'inspection du tributaire et les exigences des espèces que nous évaluons les tributaires en tant que site potentiel pour le frai.

Cette évaluation des tributaires nous permettra d'avoir une vue globale des sites potentiels de frai et pourra, dans certains cas, appuyer ou atténuer les efforts de protection qui devront être mis sur les segments riverains considérés comme sites potentiels de frai.

4.3.3 Potentiel de nourriture

Le potentiel de nourriture qui est décrit dans cette section, s'applique principalement au poisson. La nourriture des poissons provient de plusieurs groupes de plantes et d'animaux qui habitent aussi bien les eaux que le milieu terrestre ou aérien. En regard de leur régime alimentaire, il est raisonnable d'assumer que la plupart des poissons sont omnivores au début de leur vie, mangeant et digérant aussi bien les tissus animaux que végétaux. Au fur et à mesure que le poisson devient adulte, on voit cependant apparaître certaines adaptations alimentaires et chez plusieurs espèces, la diète devient hautement spécialisée.

A l'intérieur d'un lac, les zones d'alimentation sont multiples et variées; les principaux secteurs d'alimentation sont: la zone benthique, la zone pélagique, la surface de l'eau... etc. Dans l'optique de cette méthodologie, il faut choisir parmi ces différentes sources et zones de nourriture, celles qui risquent de subir les impacts négatifs les plus importants, suite à l'ouverture du lac à la villégiature. Après analyses, il ressort que ce sont les orga-

nismes benthiques qui pourraient, suite à la modification et à l'utilisation de la zone littorale qui leur sert de support, encaisser les impacts négatifs les plus sérieux. Le potentiel de nourriture calculé ici se rapporte donc au substrat et à la végétation aquatique.

Pour l'item nourriture se rapportant au benthos, on considère trois paramètres, soit: le type de substrat, son pourcentage de recouvrement et la pente de la beine. La relation entre le type de substrat et le nombre d'organismes benthiques a éte réalisée en consultant de nombreuses études limnologiques; les résultats sont intégrés sous forme de cote sur une échelle de 1 à 10 (voir figure IV.1). Pour le pourcentage de recouvrement et la pente de la beine, on procède de la même façon que lors du calcul du potentiel de frai.

Le potentiel de nourriture se rapportant à la végétation aquatique tient compte de trois paramètres, soit: l'espèce, l'abondance et la dimension de l'herbier. Au niveau des espèces, une revue de la littérature a permis d'élaborer une liste de plantes selon le nombre d'organismes qu'on y retrouve, chacune des plantes ayant été par la suite affectée d'une cote. L'abondance des espèces est évaluée selon une méthode bien connue en phytosociologie, soit celle de Braun-Blanquet. La dimension des herbiers est calculée sur le terrain; toutefois, si cette superficie est trop importante, on reporte le contour de l'herbier sur une photographie aérienne ou sur une carte bathymétrique.

Les deux potentiels ainsi calculés sont combinés puis mis dans un tableau d'ordonnance; c'est cette dernière valeur qui constitue le potentiel global de nourriture de chacun des segments.

4.3.4 Potentiel d'abri

Même en présence de conditions de frai adéquates et d'un nombre de géniteurs suffisants pour assurer la survivance de la population de poissons, l'abri joue un rôle très important dans la perpétuation des espèces.

En général, les ichtyologistes s'accordent à dire que, plus jeune est le poisson, plus grande est la nécessité d'un abri. Les ennemis naturels des jeunes alevins sont nombreux: insectes aquatiques, écrevisses, oiseaux ichtyophages et fretins des autres espèces. Il est donc essentiel qu'aux différents stades de sa croissance jusqu'à la taille adulte, le poisson puisse trouver un abri le mettant hors de portée des prédateurs.

Les herbiers de *Myriophyllum*, *Anacharis*, *Potamogeton*, *Nymphea* fournissent aussi un couvert appréciable. Pour les jeunes alevins, un lit de mousse ou d'algues du genre *Chara* ou la présence de *Najas* peut suffire à assurer une protection adéquate.

Durant l'hiver, sous le couvert de glace, plusieurs espèces demeurent actives (brochets, perchaudes, dorés, etc...). Contre ces pré-

dateurs, les autres espèces de poissons doivent trouver des abris d'hiver. C'est ainsi que les empilements de roches, les troncs, les branchages fournissent dans certains cas des abris des plus efficace.

De plus, comme les plantes, branches, troncs, pierres, servent de support à de grandes quantités d'organismes aquatiques, une partie importante de la nourriture se trouve donc à portée immédiate.

Le potentiel d'abri calculé dans cette section se rapporte à la végétation aquatique. Les autres structures pouvant fournir de l'abri sont évaluées de façon semi-quantitative sur le terrain au niveau de chacun des segments.

Les paramètres utilisés dans l'évaluation de ce potentiel sont: l'espèce, l'abondance et la dimension de l'herbier.

Au niveau des plantes aquatiques, en plus d'une revue de la littérature, une analyse du potentiel d'abri qu'offraient les plantes a été réalisée, en tenant compte des caractères écologiques et morphologiques de chacune des espèces de plantes aquatiques retrouvées dans nos lacs; cette analyse a conduit à la confection d'un tableau où chaque plante s'est vu attribuer une cote en fonction de l'abri fourni.

L'abondance et la dimension des herbiers sont obtenues par le même processus que celui décrit à la section du potentiel de nourriture (voir section 4.3.3). La multiplication et la sommation des différentes valeurs obtenues après traitement des données conduisent à la confection d'un tableau d'ordonnance qui fait ressortir les segments riverains les plus importants, quant à leur potentiel d'abri.

4.3.5 Potentiel pour la sauvagine

L'importance de la sauvagine dans l'ensemble de la faune aquatique, est réduite par le fait qu'elle est moins astreinte au milieu lacustre que les poissons et que les densités sont beaucoup plus faibles. Cependant, la diversité faunique du milieu veut qu'on s'y attarde.

Il est très difficile et même hasardeux d'assigner des potentiels pour la production de sauvagine sur de petites superficies telles que les lacs ou les segments de lacs. Voilà pourquoi nous nous limiterons à l'évaluation d'un potentiel d'utilisation des segments riverains d'un lac par la sauvagine. Théoriquement, ce potentiel d'utilisation doit tenir compte de la disponibilité des abris et des sites de reproduction, de l'abondance de la nourriture, ainsi que de la possibilité d'haltes migratoires et ce, à la lumière des exigences particulières de chacune des espèces. L'aspect nourriture présentant des éléments beaucoup plus précis et plus facilement quantifiables, nous n'avons retenu que cet aspect pour l'évaluation du potentiel de la sauvagine.

Les paramètres utilisés pour le calcul du potentiel de nourriture pour la sauvagine se rapportent à la végétation aquatique; ces para-

mètres sont: l'espèce, l'abondance et la dimension de l'herbier. Le régime alimentaire de l'ensemble des canards de surface consiste, pour une grande partie, en végétation aquatique et organismes associés (insectes, périphyton, etc.).

Pour ce qui est de l'aspect nourriture relié à la végétation aquatique, une étude détaillée du régime alimentaire (étude de contenus stomacaux) a permis de mettre en évidence les plantes les plus importantes dans la diète; à partir de cette étude, on a réalisé un tableau de classification des espèces de plantes aquatiques en raison de leur utilisation; une cote a été ensuite attribuée à chacune des espèces. Pour ce qui est de l'abondance et de la dimension des herbiers, la procédure est la même que celle décrite à la section 4.3.3. La multiplication et la sommation de ces différentes valeurs déterminent le potentiel de sauvagine des différents segments; l'ordonnance de ces valeurs permet de mettre en évidence les segments les plus importants.

4.3.6 Limitation de la méthode

Il est bon de rappeler ici que cette évaluation des potentiels consiste en une estimation du degré d'aptitude des différents segments (sections de rivage) d'un lac à satisfaire les fonctions vitales de certains organismes aquatiques. L'évaluation quantitative des segments ne doit être utilisée, pour fins de comparaison, que sur le même lac; on ne peut en aucun cas comparer les segments sur deux lacs différents. Cette méthode ne prétend pas traduire à 100 pour cent l'utilisation réelle du milieu. Cependant, compte tenu de la base écologique de la méthode, il y a de grandes probabilités que les zones classées comme possédant de forts potentiels correspondent aux zones effectivement utilisées par la faune.

L'évaluation des potentiels écologiques, tout comme les autres méthodologies de la "Diagnose écologique", demeure une méthode évolutive qui s'enrichira des progrès réalisés en limnologie au cours des prochaines années.

4.4 APPLICATION DE LA MÉTHODE

La "Méthodologie d'Evaluation des Potentiels écologiques" possède en fait deux facettes; la première étant un inventaire écologique des ressources biophysiques du milieu lacustre, la seconde, découlant de la première, est une quantification des données de l'inventaire. Cette quantification permet de mettre en évidence les segments ou secteurs les plus productifs ou importants dans l'écologie du lac.

Les résultats de cette quantification mis dans un tableau d'ordonnance se transfèrent très facilement sur une carte (carte 2), ce qui permet de mieux visualiser l'écosystème lacustre. Sont retenus pour la cartographie, les segments qui ont obtenu les premiers rangs pour chacune des fonctions considérées, ce qui représente environ 20 à 30 pour cent du périmètre du lac.

CARTE SYNTHESE DES POTENTIELS

Dans le cas des lacs inexploités, si l'on joint ces résultats à ceux de l'inventaire de la zone terrestre*, on possède dès lors un instrument permettant de dresser facilement un schéma d'aménagement des lacs, où le développement des zones terrestres et aquatiques sera des mieux harmonisé tout en respectant l'équilibre écologique des deux milieux.

Dans le cas des lacs exploités, cet inventaire permet de mettre en évidence les problèmes découlant des aménagements existants et de suggérer des mesures correctives (si nécessaire) afin de restaurer la pleine potentialité du milieu lacustre. A ce niveau, les résultats issus de l'évaluation du milieu riverain (section suivante) fournissent de précieuses indications.

---

* Le ministère des Richesses naturelles, de concert avec celui des Terres et Forêts, a mis au point une méthodologie pour le développement des lacs. Le service Qualité des Eaux a développé la présente méthodologie et le service d'Aménagement des Terres a mis au point un "Guide d'Aménagement de la Zone terrestre des Lacs".

CHAPITRE V

ÉVALUATION DU MILIEU RIVERAIN

5.1 CADRE GÉNÉRAL

L'utilisation des milieux naturels pour différentes fins implique des formes d'aménagement qui très souvent dans le passé ont été effectuées sans tenir compte des impacts potentiels sur les milieux adjacents. Etant donné l'attrait suscité par les plans d'eau et leur zone riveraine, le milieu aquatique a subi et continue d'encaisser de multiples agressions. La méthode présentée dans cette section, quoique préliminaire, vise à évaluer différentes manifestations de l'aménagement du milieu riverain des lacs.

5.2 MÉTHODE D'ÉVALUATION

5.2.1 Évaluation qualitative de l'état des rives

Il s'agit principalement d'évaluer, de façon qualitative, la dénaturation des rives d'un lac, la dénaturation étant synonyme de la perte de l'aspect naturel. L'évaluation s'échelonne sur six classes, dont les gradations vont de l'état naturel à l'état artificiel. Il convient ici de préciser que cette évaluation s'effectue sur une bande riveraine de 75 mètres; cette valeur a été choisie puisque la profondeur d'un lot riverain, selon les normes idéales, devrait atteindre au minimum 60 mètres. Le reste de la distance peut être consacré à une portion de lot non riverain ou à une route, une voie ferrée, etc... assurant ainsi que ces artères de communication ne sont pas situées trop à proximité du plan d'eau.

Les six classes de dénaturation comportent des types d'action pouvant constituer soit des agressions sur le milieu, soit des aménagements susceptibles d'en assurer la protection. Les trois premières classes, c'est-à-dire les états naturel, très faiblement touché et faiblement touché, comprennent les interventions que l'on peut qualifier de non contraignantes pour l'environnement et les types d'utilisation du sol dans lesquels la présence humaine est à peu près nulle.

Cote	Type de milieu	Éléments descriptifs du milieu
A	Naturel	1. Boisé 2. Marécage
B	Très faiblement touché	3. Boisé avec présence de sentiers et de routes (chemins de terre) 4. Terre en friche (1er et 2ième stades)
C	Faiblement touché	5. Chalet non visible du lac (terrain boisé) 6. Chalet situé loin du lac (plus de 25 mètres) 7. Distance de 30 mètres entre deux chalets 8. Plage laissée à l'état naturel 9. Route éloignée du lac (60 mètres et plus).

On remarquera que les éléments descriptifs du milieu sont directement attachés à un type de milieu; l'intention était de rendre évidente la démarcation entre les espaces conservés à leur état naturel ou presque (cotes A et B) et ceux sur lesquels l'homme a exercé son emprise, si légère soit-elle (cote C).

Les trois autres classes concernent les milieux dans lesquels l'intervention de l'homme a fait perdre aux rives leurs caractéristiques naturelles. Tous les éléments descripteurs du milieu ont été regroupés et peuvent s'appliquer à chacun des types de milieux, à savoir, moyennement touché, fortement touché et artificiel. Le nombre d'éléments et/ou l'ampleur des conditions observées déterminent le passage d'une cote à une autre, décrivant ainsi l'intensité de la dénaturation.

Cote	Type de milieu	Éléments descriptifs du milieu
D	Moyennement touché	10. Plage perturbée par la construction de murs parallèles à la ligne de rivage
E	Fortement touché	11. Déboisement excessif
F	Artificiel	12. Pelouse qui se rend jusqu'au rivage 13. Chalet situé trop près du lac 14. Densité trop forte de chalets 15. Route située trop près du lac (moins de 60 mètres 16. Chemin de fer situé trop près du lac 17. Remblayage de sections de rivage 18. Jetée 19. Zone complètement urbanisée 20. Zone industrielle 21. Zone agricole.

Cette évaluation nécessite tout d'abord le tracé de la bande de 75 mètres sur carte ou photographie aérienne; une première analyse est alors effectuée et on identifie déjà des conditions de protection ou de dénaturation des rives. Cet examen préliminaire est essentiel pour avoir une connaissance suffisante du terrain et ainsi détecter les modifications qui auraient pu survenir; de plus, certains éléments ne sont pas visibles de la rive et doivent quand même être pris en considération lors de l'évaluation. Le travail de terrain consiste à suivre la rive en bateau et à cartographier les différents éléments du milieu. Les segments sont déterminés par un ensemble homogène de conditions du milieu. Sont également cartographiés par un symbole approprié, les remblais de sable, de roches, de même que les murs parallèles au rivage et constituant des empiétements sur le lit du lac.

5.2.2 Évaluation des herbiers

Le développement de la végétation aquatique est une des premières manifestations des changements qui surviennent dans l'environnement d'un lac. L'apport en substances nutritives telles que l'azote, le phosphore et le carbone, de même qu'une érosion accrue, stimulent la production primaire du lac en augmentant son niveau d'enrichissement en substances nutritives.

La végétation aquatique peut occuper alors de grandes superficies qui ne seraient pas colonisées dans un milieu non perturbé. La structure des herbiers, c'est-à-dire leur composition floristique, se transforme et l'on y observe alors une diminution de la diversité des espèces au profit d'une ou de quelques espèces dominantes qui envahissent plus ou moins rapidement tous les sites disponibles. On voit aussi apparaître une ceinture de végétation riparienne (scirpes, quenouilles, pontédéries, etc...) qui est le plus souvent associée au milieu eutrophe.

La méthode utilisée pour évaluer ce développement artificiel ou excessif de la végétation aquatique n'est pas encore finalisée, mais elle devra tenir compte du nombre des espèces présentes dans l'herbier et de la proportion de chacune de celles-ci. De plus, on calculera la superficie occupée par la végétation aquatique par rapport à la superficie colonisable par cette même végétation (en général, de 0 à 5 mètres de profondeur) sur les lacs du Québec.

5.3 APPLICATION DE LA MÉTHODE

Globalement, cette méthode permet d'obtenir une évaluation qualitative de l'état des rives d'un plan d'eau; la section cartographiée peut paraître mince, mais elle constitue la zone immédiate associée à l'eau et par conséquent, la plus susceptible d'exercer un impact important sur le milieu aquatique.

De plus, cet inventaire identifie, de façon spatiale, les différentes interventions humaines ayant conduit à la détérioration du cadre

naturel et peut constituer en cela un guide dans la prescription de correctifs destinés à remédier à de telles situations.

Au niveau de la végétation aquatique, ces informations permettront d'estimer les limitations à l'utilisation du milieu aquatique dues à la croissance excessive des plantes et permettra d'intervenir (fauchage) dans les cas où cela sera nécessaire.

CHAPITRE VI

LE DIAGNOSTIC

L'étape subséquente à la diagnose consiste en l'établissement du diagnostic. Globalement, la fonction première du diagnostic est d'apporter suffisamment d'éléments pertinents pour prendre une décision concernant l'intervention ou non dans le milieu. Cette intervention, selon les résultats du diagnostic, peut prendre plusieurs formes, à savoir les mesures de correction dans le bassin versant (cernées à partir du modèle d'apports et de l'évaluation de l'état des rives), la mise sur pied de mesures de restauration dans le lac (problèmes détectés par les paramètres de qualité de l'eau et la cote trophique) et dans certains cas, plus simplement, la protection par zonage de certains secteurs déclarés comme sensibles ou ayant une vocation particulière (déterminée par la carte synthèse de la sensibilité des zones).

Le diagnostic comporte trois sections à savoir:

- l'analyse des éléments de la diagnose
- le cheminement logique
- la présentation des résultats

Ces trois sections sont intimement liées les unes aux autres et constituent une suite logique conduisant au processus décisionnel décrit plus haut. Ainsi, la section analyse a pour fonction de mettre en lumière les éléments déterminants identifiés par la diagnose et de répondre aux différentes interrogations que suscite obligatoirement l'étude d'un lac. Le cheminement logique, pour sa part, indique l'information pertinente de même que les étapes à suivre pour parvenir à la prise de décision. Finalement, la présentation des résultats s'effectue par le biais des cartes du diagnostic et des fiches techniques, qui constituent la synthèse des deux sections précédentes et fournit le diagnostic lui-même.

6.1 L'ANALYSE DES ÉLÉMENTS DE LA DIAGNOSE

L'analyse fait référence à la carte de diagnostic, laquelle rassemble les résultats se rapportant aux quatre grandes sections de la diagnose, à savoir la qualité de l'eau, les apports de l'environnement, les ressources biologiques et l'évaluation du milieu riverain.

6.1.1 Analyse de la qualité de l'eau

A la question "Comment peut-on qualifier l'état de la masse d'eau?",

on peut répondre en consultant le diagramme de vieillissement et la cote trophique. Le diagramme de vieillissement évalue quantitativement et aussi en termes de niveau de vieillissement les paramètres les plus révélateurs de la qualité de l'eau (oxygène dissous, transparence, phosphore total, etc.).

La cote trophique constitue le paramètre intégrateur par excellence et est très significative, d'autant plus si on la compare à la cote à laquelle se situerait le lac dans un contexte entièrement naturel. La différence entre les deux cotes pourrait refléter l'augmentation de la pression qu'aurait subi le lac par l'implantation des activités humaines dans le bassin.

Les indices de la qualité de l'eau expriment les aptitudes de l'eau pour différentes utilisations et constituent en cela un guide lors de l'élaboration d'un plan de protection, d'aménagement ou de régénération.

6.1.2 Les apports de l'environnement

Cette section comporte plusieurs éléments qui permettent d'expliquer en quelque sorte la différence observée entre les deux cotes, et d'identifier assez précisément les agents pollueurs responsables du changement dans le positionnement du lac sur l'échelle trophique.

Le graphique du modèle de Dillon reliant l'état trophique d'un lac à sa concentration prédite de phosphore au brassage printannier, identifie la position actuelle du lac de même que sa position initiale (avant toute modification de son bassin versant); la position actuelle peut être reliée à une charge par unité de surface de la nappe d'eau, nous renseignant ainsi sur la charge totale qui parvient au milieu lacustre.

Le cartogramme avec les flèches nous renseigne sur la provenance des apports, chacune des flèches exprimant la charge totale exportée par chacune des unités de drainage. L'intérieur des flèches est compartimenté de plusieurs trames, représentant par là l'importance relative de chacun des types d'apports (naturels, en provenance des populations humaines, animales, etc.).

La carte des limites des sous-bassins et le tableau relatif aux apports sont étroitement reliés, l'un illustrant la superficie et l'importance relative de chacune des entités de drainage, et l'autre indiquant le détail de tous les apports de phosphore provenant au lac via les sous-bassins et les zones d'écoulement diffus.

6.1.3 Les ressources biologiques et l'évaluation du milieu riverain

Cette section vise plus particulièrement à évaluer l'état du proche-environnement du lac sous l'angle des ressources biologiques et de la dénaturation des rives.

Les ressources biologiques sont analysées en termes de meilleures zones potentielles pour le frai, la production de nourriture, l'abri pour la faune piscicole et la disponibilité de nourriture pour la sauvagine. Ces zones sont dessinées sur une carte constituant la synthèse de l'évaluation de tous les segments littoraux caractérisés selon ces différents aspects.

L'évaluation du milieu riverain se traduit par une carte indiquant par zones une intensité de dénaturation et spécifiant quels phénomènes sont responsables de cette condition. L'échelle de la dénaturation va de l'état naturel à l'état artificiel et s'étale sur six classes.

6.2 LE CHEMINEMENT LOGIQUE

Le diagramme du cheminement logique (voir figure V.1) décrit d'une part, les principaux outils de la diagnose et d'autre part, la façon dont on peut s'en servir pour en arriver à un diagnostic général et finalement à une prise de décision.

Précisons que l'étude d'un lac et de son bassin versant ne nécessite pas toujours l'emploi inconditionné de tous les outils de la diagnose; dépendant des problèmes suspectés avant l'étude ou de ce que l'on cherche, on peut choisir l'un ou l'autre des outils de la diagnose. Le diagramme du cheminement logique donne les réponses qu'il est possible d'obtenir avec les outils correspondants.

6.3 LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats de la diagnose écologique sont présentés sous forme de cartes écologiques ou cartes de diagnostic; ces cartes sont de deux types: l'un s'applique dans le cas des lacs inexploités tandis que l'autre se réfère aux lacs exploités. Légèrement différentes l'une de l'autre, les cartes donnent toute l'information acquise par les inventaires effectués à la fois au bureau et sur le terrain.

Quant aux fiches techniques (nos 1 et 2), elles fournissent un résumé ou une synthèse des informations contenues sur les cartes. Les fiches techniques permettent de porter rapidement un diagnostic sur la masse d'eau et son milieu environnant, afin d'en arriver à une prise rapide de décision concernant les actions à porter sur le lac et son bassin, que ce soit dans le cadre de plans de protection, d'aménagement ou de régénération.

LE DIAGNOSTIC

(Cheminement logique)

FIGURE V.1

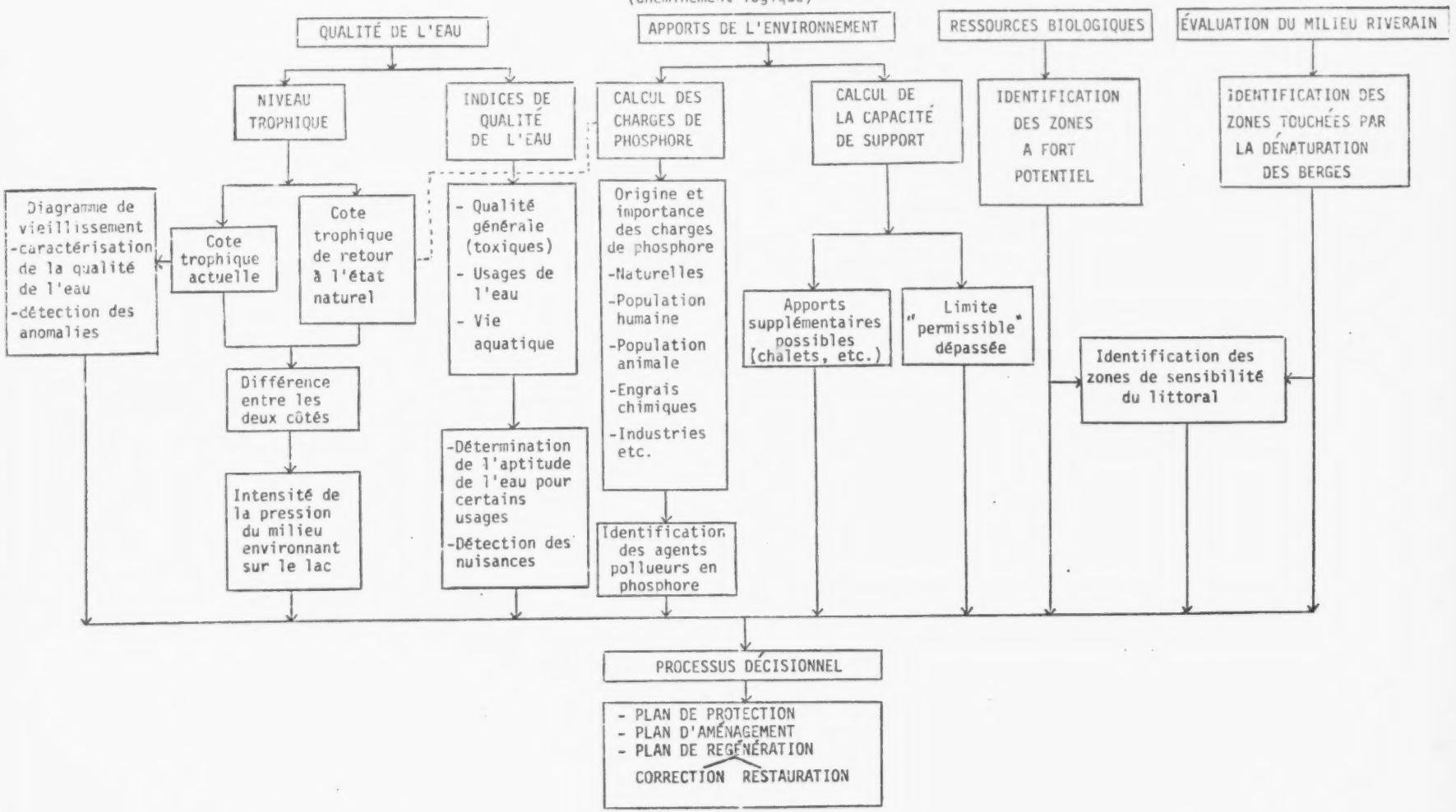


FIGURE V.2

FICHE TECHNIQUE DU DIAGNOSTIC

NOM DU LAC_____ NO (MRN)_____

COMTE_____ CANTON_____

BASSIN HYDROGRAPHIQUE_____ LATITUDE_____

LONGTITUDE_____

ÉLÉMENTS DU NIVEAU TROPHIQUE	VALEUR	OLIGO			MESO			EUTRO	
		α	β	γ	α	β	γ	α	β
Cote trophique actuelle									
Cote de retour à l'état naturel									
Différence entre les deux cotes									
Anomalies du diagramme trophique									

INDICES DE QUALITÉ DE L'EAU	VALEUR	CLASSIFICATION					
		E	TB	B	P	M	TM
- Qualité générale de l'eau							
- Eau potable							
- Récréation							
- Vie aquatique (organismes tolérants)							
- Vie aquatique (organismes peu tolérants)							

LES APPORTS EN PHOSPHORE	VALEUR (kg P/an)	%
- Naturels		
- Humains		
- Animal		
- Engrais chimiques		
- Industriels		
- Total		

LA CAPACITÉ DE SUPPORT	VALEUR (kg P/an)	ÉQUIVALENTS CHALETS
- Charges supplémentaires permissibles		
- Dépassement de la limite permissible		

FIGURE V.3

FICHE TECHNIQUE DU DIAGNOSTIC

NOM DU LAC_____ NO. (MRN)_____

COMTÉ_____ CANTON_____

BASSIN HYDROGRAPHIQUE_____ LATITUDE_____

LONGTITUDE_____

RESSOURCES BIOLOGIQUES	SEGMENTS NO.
- Bon potentiel de frai	
- Bon potentiel de nourriture	
- Bon potentiel d'abri	
- Bon potentiel sauvagine	
- Synthèse des potentiels	

MILIEU RIVERAIN	ZONES NO.	%
- Naturel		
- Très faiblement touché		
- Faiblement touché		
- Moyennement touché		
- Fortement touché		
- Artificiel		

ZONES DE GRANDES SENSIBILITÉS

CARACTÈRE UNIQUE DU LAC

REMARQUE:

Ministère des Richesses naturelles

PAR:

DATE:

FICHE TECHNIQUE DU DIAGNOSTIC

(LEGENDE)

NIVEAU TROPHIQUE	CLASSE TROPHIQUE
Oligotrophe α	0 - 1,25
Oligotrophe β	1,26 - 2,50
Oligotrophe γ	2,51 - 3,75
Mésotrophe α	3,76 - 5,00
Mésotrophe β	5,01 - 6,25
Mésotrophe γ	6,26 - 7,50
Eutrophe α	7,51 - 8,75
Eutrophe β	8,76 -10,0

APPRECIATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU	COTE DE QUALITÉ
E - Excellente	100
TB - Très bonne; concentration jugée de très bonne qualité pour l'utilisation considérée.	> 85
B - Bonne; concentration jugée de bonne qualité pour l'utilisation considérée.	> 75
P - Passable; concentration où l'eau n'est pas de bonne qualité mais jugée encore utilisable.	60-75
M - Mauvaise; concentration où l'eau présente des problèmes pour l'utilisation visée; son utilisation exige des traitements directs ou indirects en vue d'améliorer sa qualité.	< 60
TM - Très mauvaise.	0

LEXIQUE

BATHYMÉTRIQUE:	Adj. Qui a rapport à la mesure de profondeur des mers ou des lacs.
BEINE:	N.f. Zone du lac qui descend en pente douce vers l'intérieur (pente de 5 à 15%).
BENTHIQUE:	Adj. Se dit de ce qui a trait à l'ensemble des êtres, animaux et végétaux vivant au fond de la mer ou des eaux douces.
COLIFORMES:	N.m. Organismes bactériologiques retrouvés dans l'eau.
DBO:	Demande Biologique en Oxygène.
DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE:	N.f. Méthodologie permettant d'évaluer, dans un milieu où vivent et se reproduisent des êtres vivants, l'état de santé du milieu.
DISQUE DE SECCHI:	N.m. Instrument servant à mesurer la transparence de l'eau.
ECOSYSTÈME:	N.m. Ensemble formé par les organismes vivants et la matière non vivante réagissant l'un sur l'autre.
ETAT TROPHIQUE:	N.m. Stade d'évolution atteint par un lac ou un étang.
EUTROPHISATION:	N.f. Vieillissement naturel ou artificiel d'un lac ou d'un étang.
FILET A PLANCTON:	N.m. Filet servant à ramasser les organismes de très petites tailles vivant en suspension dans l'eau.
FRETINS:	N.m. Petits poissons.
ICHTYOLOGISTES:	N.m. Personnes qui s'occupent de l'étude du poisson.
ICHTYOPHAGES:	Adj. et n. Qui se nourrissent principalement ou exclusivement de poisson.
LIMNOLOGISTES:	N.m. Personnes qui étudient les questions d'ordres physiques, chimiques et biologiques relatives au lac.

NUTRIMENTS: N.m. Substances dont se nourrissent les formes de vie végétale et qui généralement contrôlent leur croissance.

PARAMÈTRES: N.m. Eléments pouvant être d'ordres chimiques, physiques ou biologiques.

PELAGIQUE: Adj. Ce qui a trait aux organismes vivant en pleine eau loin du fond et n'en dépendant pas pour leur subsistance.

PERIPHYTON: N.m. Ensemble des organismes vivant sur un support formé principalement par les plantes aquatiques supérieures et les roches.

PHYTOSOCIOLOGIE: N.f. Etude des associations végétales.

PLANIMETRIE: N.f. Mesures des aires planes.

PYRAMIDE ALIMENTAIRE: N.f. Relations nutritives que l'on retrouve entre les organismes.

STADE OLIGOTROPHIQUE: N.m. Etat d'un lac jeune dont la production biologique est faible à cause de la pauvreté en constituants nutritifs de sa masse d'eau.

STADE MÉSOTROPHIQUE: N.m. Stade intermédiaire de vieillissement entre l'oligotrophie et l'eutrophie.

STADE EUTROPHIQUE: N.m. Etat d'un lac dont la production biologique est forte à cause principalement de la richesse en constituants nutritifs de sa masse d'eau.

STRATIFICATION THERMIQUE: N.f. Formation de couches de températures observées suivant les saisons à l'intérieur d'une masse d'eau.

SUBSTRAT: N.m. Ce qui sert de support à une autre existance (ex.: vase, sable, gravier).

BIBLIOGRAPHIE

ALAIN, J. et M. LE ROUZES, 1978. Méthodologie pour le calcul des apports en phosphore et de la capacité de support. Direction générale des Eaux. Ministère des Richesses naturelles.

DILLON, P.J., 1975. The Application of the Phosphorus - Loading Concept to Eutrophication Research. Scientific Series no 46. CCIN Burlington, Ontario, 14 p.

DILLON, P.M. and F.H. RIGLER, 1975. A Simple Method for Predicting the Capacity of a Lake for Development Based on Lake Trophic. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 32(9): 1519-1531.

DUSSART, B., 1966. Limnologie. Gauthier-Villars. Paris. 676 pages.

HUTCHINSON, G.E., 1967. A Treatise on Limnology. Volume II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Willey & Sons Inc. New York, 1115 p.

MATHIEU, P., P. GENTES et J.P. GAUTHIER, 1978. Méthode numérique d'évaluation de l'état trophique des lacs. Direction générale des Eaux. Ministère des Richesses naturelles.

MEUNIER, P., G. LEFEBVRE et P. LAPORTE, 1976. Méthodologie d'évaluation des potentiels écologiques. Direction générale des Eaux. Ministère des Richesses naturelles.

MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS, 1977. Guide technique pour l'aménagement des terres riveraines-lacs. Service d'Aménagement des Terres.

POTVIN, P., 1976. Relation entre l'état trophique d'un lac et l'utilisation du territoire dans son bassin versant. Thèse de maîtrise. INRS-Eau. Québec.

PROVENCHER, M. et M. LAMONTAGNE, 1977. Méthode de détermination d'un indice d'appréciation de la qualité des eaux selon différentes utilisations. Service Qualité des Eaux. Ministère des Richesses naturelles. Q.E.-34.

RAWSON, D.S., 1956. Algal Indicators of Trophic Lake Types. University of Saskatchewan, Limnology and Oceanography. 1: 18-25.

ROBITAILLE, R. et B. BOBEE, 1975. Ridge Regression: Programme de calcul RIDREG et quelques applications. INRS-Eau. Rapport interne no 29, 165 p.

SHEIDER, W. A., 1978. Applicability of Phosphorous Budget Models to Small Precambrian Lakes, Algonkin Park, Ontario.

WOLLENWEIDER, R.A., 1971. Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. OCDE. Paris. 61 p.

Achevé d'imprimer à
Québec en septembre 1979, sur
les presses du Service des impressions en régie
du Bureau de l'Éditeur officiel
du Québec